L. XLVII. 14–15.

8 Tafeln

Phys.
O.
128a
1

HUMBOLDTS VERSUCHE

ÜBER DIE GEREIZTE

MUSKEL- UND NERVENFASER.

ERSTER BAND.

Bei Heinrich August Rottmann.

VERSUCHE
ÜBER DIE
GEREIZTE
MUSKEL- UND NERVENFASER
NEBST
VERMUTHUNGEN
ÜBER DEN
CHEMISCHEN PROCESS DES LEBENS
IN DER THIER- UND PFLANZENWELT

VON

FRIEDR. ALEXANDER VON HUMBOLDT.

J. L. Schönlein

ERSTER BAND

mit Kupfertafeln.

— alius error est praematura atque proterva reductio doctrinarum in artes et methodos, quod cum fit plerumque scientia aut parum aut nil proficit.

Baco Verul. de augment. scient. lib. I.

POSEN, BEI DECKER UND COMPAGNIE,
UND
BERLIN, BEI HEINRICH AUGUST ROTTMANN.
MDCCLXXXXVII.

Staats-
Bibliothek
Bamberg

DEM GROSSEN ZERGLIEDERER

S. TH. SÖMMERRING

KURF. MAINZ. HOFRATHE ETC.

WIDMET

DIESES PHYSIOLOGISCHE WERK

MIT DANKBARER VEREHRUNG UND FREUNDSCHAFT

F. A. VON HUMBOLDT.

VERSUCHE

ÜBER DIE GEREIZTE

MUSKEL- UND NERVENFASER.

ERSTER BAND.

Seit mehreren Jahren bin ich bemüht gewesen, einige Erscheinungen der thierischen Materie mit den Gesetzen der todten Natur zu vergleichen. Bei dieser Arbeit sind mir Versuche geglückt, welche der Enthüllung des chemischen Lebensprocesses näher zu führen scheinen. Ein getrenntes thierisches Organ, *mit irritablen* und sensiblen Fibern versehen, kann in wenigen Secunden aus dem Zustand der tiefsten Unerregbarkeit zur höchsten Reizempfänglichkeit erhoben, und von dieser wieder zu jener herabgestimmt werden. Dieser Wechsel erhöhter und geminderter Lebenskraft ist in einem Nerven vier bis fünfmal, eben so willkürlich hervorzubringen, als die Hand des Künstlers die Saite eines Instruments an- oder abspannt. Ich habe thierische Organe mit oxygenirter Kochsalzsäure, Alkalien, Salpetersäure, Arsenikkalchen, Opium und Alkohol, stundenlang behandelt, und sie traten fast unversehrt aus dem Kampfe der streitenden Elemente heraus. Ich habe gefunden, dass die thierischen Körper ein Vermögen

haben, aus der Entfernung zu wirken, und diesen Wirkungskreis, der mit der Lebenskraft abnimmt, sinnlich darzustellen gesucht. Ich glaube erweisen zu können, dass die Irritabilität der Materie nicht, wie neuere Physiologen wähnen, und meine eigenen Versuche mit Pflanzen zu lehren scheinen, von der Menge des Sauerstoffes allein abhänge, sondern dass das Azote und Hydrogen eine weit wichtigere Rolle dabei spiele, alles aber auf der gemeinsamen Wirkung und dem Antagonismus mehrerer Stoffe beruhe.

Es würde vorsichtiger seyn, diese Versuche noch einige Jahre lang in der Stille zu erweitern, ehe sie dem Publicum vorgelegt werden, wenn nicht andere Arbeiten, welche ich mir vorgesetzt habe, und die Erfahrung, dass manche Erfindung fruchtbarer in der zweiten Hand, als in der des Erfinders selbst geworden ist, mich zu ihrer Bekanntmachung veranlassten. Ich suche daher in den folgenden Blättern die Thatsachen zusammen zu stellen, welche ich bisher gesammelt, und werde mich dabei der Einfachheit des Ausdrucks bedienen, welche der grosse Gegenstand, über den ich meine Vermuthungen wage, verdient. Ich fange von der Erscheinung des Galvanismus an, weil ich durch die Art, wie ich diese Versuche anstellte, unwidersprechlich erweisen zu können glaube, dass der Stimulus in diesem wunderbaren Phänomen gröstentheils von den belebten Organen selbst ausgeht, und dass diese sich dabei keinesweges bloss leidend, etwa als elektroskopische Substanzen, verhalten.

Je langſamer mir die Fortſchritte ſchienen, welche die Lehre vom Muskelreize machte, je wiederholter ich die Klage hörte, daſs der Galvaniſche Verſuch nur unter einerlei Bedingungen unabänderlich glükke, deſto ſtärker fühlte ich mich angetrieben, ſelbſt Hand an das Werk zu legen. Seitdem ich bei meinem Aufenthalt in Wien, im Herbſte 1792, mit der Entdeckung des Bologner Anatomen bekannt wurde, habe ich mich in Stunden der Muſse, trotz meines beſtändigen Reiſens, in und auſserhalb Deutſchland, ununterbrochen damit beſchäftigt. Ich darf daher nicht fürchten, den Phyſikern einſeitige oder übereilte Verſuche vorzulegen. Der Galvaniſche Apparat, ein Paar Metallſtäbe, Pincetten, Glastafeln und anatomiſche Meſſer ſind ſo bequem (ſelbſt zu Pferde) bei ſich zu führen, *) daſs ich ſelten ohne

*) Es giebt Verſuche, wie das Wiegen von Gasarten, chemiſche Zerlegungen und andere, die eine beſondere Feinheit und Reinlichkeit der Hülfsmittel, und ein bequemes und ruhiges Zimmer erfordern, um ſie genau anzuſtellen. Dagegen kann über hundert andere Gegenſtände der Phyſik, Meteorologie und Phyſiologie, ohne ſonderlichen Apparat, überall ſo gründlich experimentirt werden, daſs es mir überaus wichtig ſchiene, junge Leute früh zu einer ſolchen Thätigkeit und Selbſtbehülflichkeit (wenn ich mich des undeutſchen Ausdrucks bedienen darf) zu gewöhnen. Wie viele Erſcheinungen der Körperwelt bleiben darum ununterſucht, weil viele Reiſende nur das unterſuchen, was ſie mit nach Hauſe tragen können, weil viele nur an ihrem Schreibtiſch, nur mit äuſſerer Bequemlichkeit arbeiten! Ob dieſer Rath wohlverſtanden wird, wenn er die Zahl der flüchtigen Verſuche vermehrt, mögen die entſcheiden, welche langſam und gründlich nicht für ſynonym halten.

ſie reiſte. Meine Unterſuchung über die Reizempfänglichkeit der Pflanzen, deren Reſultate ich vor zwei Jahren *) herausgab, und die ich ſeitdem eifrigſt fortſetzte, machte mir ein gründliches Studium des thieriſchen Körpers nothwendig. Wenn ich die Vegetabilien auch nicht als Thiere ſelbſt, aber doch als Object einer allgemeinen vergleichenden Phyſiologie und Anatomie **) betrachte, ſo iſt mir, um nicht, wie weiland Baptiſta Porta, falſche Analogien aufzuſtellen, die genaueſte Kenntniſs der thieriſchen Stoffe, ihres Miſchungsverhältniſſes, ihrer Form und davon abhängigen Erregbarkeit (incitabilitas) erforderlich. Je unendlich weiter ich mich aber von dieſer Kenntniſs entfernt ſehe, deſto lebhafter bleibt mir das Gefühl, mich dieſem Zwecke nähern zu müſſen. Vor allen lockte mich der wunderſame Bau der menſchlichen Organiſation an. An keiner andern

*) *Aphorismi ex doctrina phyſiologiae chemicae plantarum* angehängt an Humbold. *Florae Fribergenſis Specimen, plantas cryptogamicas praeſertim ſubterraneas, exhibens. Berol.* 1793. 4. Humboldt's Aphorismen aus der chemiſchen Phyſiologie der Pflanzen, aus dem Lateiniſchen überſetzt von Fiſcher, mit Anmerkungen von D. Hedwig und Ludwig. Leipz. 1794. und im Auszuge in Gehler's phyſikal. Wörterbuch Th. 5. S. 692.

**) Dieſe Wiſſenſchaften ſind beide noch faſt ganz unbearbeitet. Grundzüge davon finde ich eben in Herrn Reils Archiv für die Phyſiologie B. 1. H. 1. trefflich entwickelt. Auch John Hunter bemühte ſich hie und da, Pflanzen und Thiere unter einen phyſiologiſchen Geſichtspunkt zu ſtellen.

ist man so tief in die Bildung einzelner Theile und ihrer Functionen eingedrungen, an keiner andern scheint die thierische Faser so leise erregbar, an keiner andern ist das Verhältniss eines Wesens gegen die ganze physische und intellectuelle Welt *) so sorgfältig erörtert, an keiner andern sind die Wirkungen der Vorstellungskraft auf Bewegungen in der Materie so sichtbar, als gerade in der menschlichen Organisation. Wer sich daher irgend einem Theile der Naturbeschreibung ernsthaft widmet, sollte jenes Studium nicht vernachlässigen, wäre es auch nur um einzusehen, welche unabsehbare Fülle von Kräften in ein Aggregat irdischer Stoffe zusammengedrängt seyn kann.

Ich habe mich bemüht, bei meinen Versuchen über den Galvanismus von aller Theorie zu abstrahiren, oder vielmehr ich habe diese Versuche so abgeändert, als wenn gerade das Gegentheil der bisher aufgestellten Gesetze des Metallreizes erwiesen werden müsste. Diese Methode schien mir, so lange ich experimentirte, die fruchtbarste zum Erfinden zu seyn. Eine allgemein angenommene Theorie lehrte, dass Pflanzen sich nur im Sonnenlichte über der Erde grün färben, nur in diesem athmen können. Ich experimentirte unter der Erde im Finstern und

*) Herr Hufeland hat dasselbe beim Menschen in pathologischer Hinsicht mit dem ihm eigenen philosophischen Geiste bearbeitet. S. Ideen über Pathogenie und Einfluss der Lebenskraft auf Entstehung der Krankheiten. 1795. S. 14.

fand, dafs alle Vegetabilien (Phaenoftemonen nemlich) in Stickftoff- und Wafferftoffgas, ohne Sonnenlicht, grün werden und athmen. Ich wollte Herrn Girtanners fcharffinnige Theorie über das Oxygen, als Lebensprincip der organifirten Schöpfung, prüfen. Ich ftellte einen widerfinnig fcheinenden Verfuch mit der fchärfften oxygenirten Kochfalzfäure an, und fand die Keimkraft der Pflanzenfaamen dadurch fechsfach vermehrt. — Freilich ift es dem menfchlichen Geifte unmöglich, fich während des Experimentirens aller theoretifchen Vermuthungen zu enthalten; freilich ift, wie Darwin fehr richtig fagt, das Denken felbft ein Theoretifiren. Man reiht das Halbgefehene immer an analoge Erfcheinungen an, und glaubt oft, Gründe in unwefentlichen Nebenbedingungen zu finden. Wohl dem Experimentator aber, den abgeänderte Verfuche von einer Theorie zur andern hinführen, deffen Vermuthungen nicht früh eine Gewifsheit erlangen, die von der ferneren Beobachtung zurückfcheucht!

So einfach der Galvanifche Verfuch auch an fich ift, fo werden doch die folgenden Blätter zeigen, wie lehrreich es fey, ihn in verwickelten Ketten von excitirenden und leitenden Subftanzen zu verfolgen. Ich zeichnete daher, was ich hierüber und über Muskelreizbarkeit überhaupt, feit drei Jahren, beobachtete, blofs der Zeitfolge nach, einzeln auf. Meine Beobachtungen häuften fich faft mit jedem Tage, und durch fehr heterogene Arbeiten zerftreut

hätte ich nie die öffentliche Bekanntmachung gewagt, wenn nicht einige Männer, welche Deutſchland zu ſeinen erſten Phyſiologen zählt, mich laut und wiederholt dazu aufgefordert hätten. Ich fing nun ſelbſt faſt an, einigen Wehrt auf eine Arbeit zu ſetzen, die ich bloſs zu meinem eigenen Unterrichte unternommen. Auf öden und entlegenen Gebirgen umherziehend, die mich oft von allem litterariſchen Verkehr abſchnitten, hatte ich nur meinem Berufe, als practiſcher Bergmann, und der unmittelbaren Unterſuchung der Natur leben können. Ich hatte Jahre lang fort experimentirt, ohne von dem zu hören, was andere indeſs bekannt machten. So hielt ich zum Beiſpiel den merkwürdigen Verſuch, durch den man Blitze ſieht, ohne das Auge zu berühren, und den Georg Hunter zuerſt anſtellte, lange für meine eigene Erfindung. Fowler's Schrift über die Influenz *) belehrte mich meines Irrthums. Ich fing nun an, alles zu ſammeln, was ſeit Galvanis berühmtem Comment. de viribus electricitatis in motu muſculari erſchienen war, und mit dem zu vergleichen, was ich ſelbſt früher beobachtet hatte. Ich machte es mir zum Geſetz, nur das in meine Schrift überzutragen, was nach ſtrenger (freilich nicht ohne Aufopferung angeſtellter) Prüfung ältere Verſuche auf eine erweiternde Art zu beſtätigen ſchien,

*) *Experiments and Obſervations relative to the Influence lately discovered by Mr. Galvani. Edinb.* 1793. *S.* 85.

oder was ich für neu und unbeobachtet halten durfte. Mein Zweck war nicht, die Erfahrungen anderer Physiker zusammen zu stellen, sondern nur das herauszuheben, was zur Erweiterung einer so erhabenen Wissenschaft, als die Physiologie ist, dienen konnte. Fast am Ziel meiner Arbeit, im Frühjahr 1795 (da schon die Herren Sömmering und Blumenbach einige Blätter meines Manuscripts in Händen hatten) wurde ich durch die Erscheinung der Pfaffischen Schrift über thierische Elektricität und Reizbarkeit auf eine angenehme und unangenehme Art überrascht. Angenehm war die Ueberraschung, weil Herr Pfaff in der Menge eigener Entdeckungen, welche er in dieser trefflichen Arbeit zusammendrängt, in dem ruhigen philosophischen Gange seiner Untersuchung alle seine Vorgänger weit hinter sich zurück läſst, und seine Schrift gleichsam zum Muster in der Behandlung ähnlicher Gegenstände aufgestellt werden kann. Unangenehm war die Ueberraschung hingegen, weil ein solches Muster schwer zu erreichen ist, und weil zufällige Umstände Herrn Pfaff und mich, auf verschiedenen Wegen, zu so übereinstimmenden Resultaten geführt hatten, daſs ich mich nun von neuem zur gänzlichen Umschmelzung meines Buches entschlieſsen muſste. Beinahe die Hälfte meiner Versuche wurde weggestrichen, und mein darauf erfolgter Aufenthalt in der Schweiz und in Italien hinderte mich, den Rest zur Herbstmesse herauszugeben.

Diese neue Zögerung selbst aber war dem Ganzen vortheilhaft. Ungeachtet der Zweck dieser Reise eine mineralogische Untersuchung *) der hohen europäischen Gebirgskette und der wundersamen Uebereinstimmung in ihren Schichtungs- und Lagerungsverhältnissen war, so hatte ich doch mannigfaltige Gelegenheit, auf derselben berühmten Physikern meine neuen Nervenversuche zu zeigen. Die Einwendungen, welche mir bei diesem Experimentiren gemacht wurden, und vor allem häufige Unterredungen mit den Herren Jurine, Pictet, Scarpa, Tralles und Volta berichtigten meine Ideen auf die mannigfachste Weise. Unvergesslich sind mir die Stunden der Belehrung, welche mir Herr Pictet in Geneve, der Cavaliere Alessandro Volta auf seinem Landsitze zu Como, und Herr Scarpa zu Pavia schenkten. Es ist mir eine süsse Pflicht, diesen grossen Männern, in denen Fülle der Erfindungskraft, Tiefe des Genies und duldsame Bescheidenheit sich so glücklich zusammen gesellt haben, hier öffentlich meinen Dank darzubringen. Ihre Zweifel haben mich, seit meiner Rückkunft

*) Die Resultate dieser Untersuchung (welche auf ein sonderbares Naturgesetz, auf eine Uebereinstimmung im Fallen der Gebirgsmassen vom Leuchtthurm bei Genua an, bis an die Baltischen Küstenländer führt, und welche zeigt, dass dieses Fallen sich gar nicht auf die Gestalt und Lage der Gebirgsketten, sondern auf unerkannte Attractionskräfte im Innern des Erdkörpers beziehen) werden, nebst andern geognostischen Beobachtungen über das mittlere Europa, in einer eigenen Schrift erscheinen.

nach Deutfchland, zu wichtigen und glücklichen Verfuchen veranlafst, und ich glaubte auf keine Ihrer würdigere Art, als durch nutzbare Anwendung ihrer Ideen, Ihnen diefen Dank ausdrücken zu können.

Ich habe gefucht, in der nachftehenden Abhandlung alles zufammen zu drängen, was ich bisher über Reiz und Reizempfänglichkeit der fenfiblen und irritablen Fiber beobachtete. Ich fange mit den Galvanifchen Verfuchen an, nicht als wenn ich diefe für den wichtigeren Theil meiner Arbeit hielte, fondern weil fie mich zu den folgenden Beobachtungen leiteten. Da es unintereffant wäre, die Gefchichte meiner Verfuche weitläuftiger zu entwickeln und es hier blofs auf die Refultate derfelben ankommt, fo reihe ich diefelben nach ihrem innern Zufammenhange, ohne Zeitfolge, an einander. Allgemeine Bedingungen, unter welchen Muskelbewegungen erfolgen, nach verfchiedenen Zuftänden der Empfänglichkeit der Organe — Contractionen, durch thierifche Leitungen allein, oder durch Metalle und kohlenhaltige Stoffe hervorgebracht — pofitive und negative Fälle nach beftimmten Gefetzen — Ausdruck derfelben durch allgemeine Zeichen, nach Art analytifcher Gleichungen — fpecielle Betrachtung der reizenden und leitenden Subftanzen — Wirkung des Nerven als Anthrakofkop — Unterbindung und Zerfchneidung deffelben — Einftrömen des Galvanifchen Fluidums

durch nicht cohärirende Theile — fenfible Atmofphäre des Nerven und Beftimmung ihrer Gröffe nach den verfchiedenen Graden der Lebenskraft — Unterfuchung deffen, was im Leiter vorgeht — Anwendung des Galvanifchen Reizes, (deffen Wefen im Vorigen beftimmt ift) auf Menfchen und andere Säugthiere, auf Vögel, Amphibien, Infecten und Würmer, und zwar nach zwei Claffen von Erfcheinungen, Zuckung und Empfindung — Verfuche mit Herznerven und andern unwillkürlichen Muskeln — Erklärungsarten des Galvanifchen Reizes und Anreihung diefer Erfcheinungen — Galvani's elektrifche Flafchentheorie, Volta's Hypothefe und Widerlegung derfelben — Nutzen des Metallreizes in Hinficht auf die erweiterte Kenntnifs der Nerven und Muskelkraft, und auf die praktifche Heilkunde — neue Methode durch den Galvanifchen Verfuch den Zuftand der Reizempfänglichkeit der Organe zu prüfen — Unterfuchung über den fpecifiken Reiz der irrritabeln und fenfiblen Fiber, und über den Unterfchied zwifchen reizen, ftärken, und Erregbarkeit vermehren — Rückblick auf das Brownfche Syftem von fthenifcher und afthenifcher Kraft — Wirkung der Alkalien auf die Nerven, der Säuren auf die Muskelfafer, Verfuche mit oxydirtem Arfenik, oxygenirter Kochfalzfäure, aufgelöftem Ammoniak und mit andern chemifchen Subftanzen auf thierifche Organe — Reizempfänglichkeit derfelben im Sonnenlicht, bei verfchiedenen Graden äufserer Temperatur, im

Sauerstoffgas, Stickgas und Wasserstoffgas, und im Zustand der Ruhe — Untersuchung der Frage: ob vermehrte oder verminderte Erregbarkeit in der veränderten Structur der Nerven- und Muskelfasern, oder in Mittheilung eines feinen gasförmigen Stoffs gegründet ist — Vermuthungen über den chemischen Procefs der Vitalität — Stärke der Muskeln und Schwächung derselben — Tod und zwiefacher Zustand der thierischen Faser im Tode — Fäulnifs — Wirkung der Nervenkraft auf dieselbe — Mischungszustand thierischer Stoffe und Einflufs der Lebenskraft auf denselben — Definition belebter und unbelebter Materie und Vermuthungen über den Character thierischer Individualität — das sind die Hauptobjecte, welche in den folgenden Blättern aphoristisch abgehandelt werden. Es wäre leicht gewesen, dieselben durch Zwischenideen und Uebergänge in eine schicklichere Verbindung zu setzen. Auch werden Viele den Mangel derselben, als einen Fehler in der Form dieser Schrift, rügen. Da aber zu den Uebergängen bekannte Beobachtungen wiederholt werden müssen, und zu den wissenschaftlichen Planen, die ich mir vorgesetzt habe, mir meine Mufse über alles wichtig ist, so will ich mich lieber jener Rüge unterwerfen, als das Ganze noch mehr ausdehnen.

Viele meiner Versuche sind den bisher bekannten Gesetzen des Muskelreizes so widersprechend, dafs sie leicht den Verdacht des Irrthums oder einsei-

tiger Beobachtung erregen können. Ich merke daher im Allgemeinen an, dafs in den nachstehenden Fragmenten kein wichtiger Versuch enthalten ist, welcher nicht stundenlang, auf wohlgetrockneten Glasplatten, an acht bis zehen verschiedenen Individuen, (meist kalt- und warmblütigen Thieren) vor mehreren erfahrenen, alle Nebenumstände sorgsam prüfenden Zeugen wiederholt worden ist. Diese wahrhafte Versicherung, welche durch die erzählte langsame Entstehung dieser Schrift bewähret wird, schützt mich daher gegen den Einwurf, wodurch man schon manchen Angriff auf physikalische Irrthümer zurückschlug, als sey diese oder jene Erscheinung nur einmal, zufällig, unter unbeachteten Nebenumständen, auf Augenblicke vorgekommen. Ich habe aus meinen Notaten sorgfältig weggelassen, was mir in der Folge zweifelhaft schien. Dennoch befürchte ich, (und ich halte es für Pflicht, es selbst anzuzeigen) vorzüglich in einer Classe von Versuchen Irrthümer begangen zu haben, nemlich in Aufzählung der negativen Fälle, wo keine Empfindung oder Muskelbewegung erfolgen soll. Beide sind Wirkungen eines vorhandenen Reizes; der Reiz kann aber nur bemerkbar wirken, wenn die, seiner Stärke angemessene Reizempfänglichkeit des Organs coexistirt. Ob ich nun gleich mehrere hundert Thiere secirte, so ist es doch sehr wahrscheinlich, dafs ich das Maximum der Erregbarkeit

weder selbst in der Natur gefunden, noch durch meine Behandlung mit alkalischen Auflösungen und oxygenirter Kochsalzsäure je künstlich hervorgebracht habe.

Zum Schluss dieser, nur zu langen Einleitung, wage ich die Bitte, meine geringen Versuche nicht mit den theoretischen Muthmassungen zu vermengen, welche ich mir hier und da einzustreuen erlaubt habe. Jene stehen fest, wenn auch diese, welche ich für ganz unbedeutend halte, längst widerlegt sind. Ich trenne daher gern beide von einander, nicht aus Unglauben an eine rationale Naturlehre überhaupt, nicht als gehörte ich zu einer Classe von Menschen, die (nach Seneca's Ausspruch) *tam sunt umbratiles, ut putent, in turbido esse, quicquid in luce est*, sondern weil in den hier bearbeiteten Gegenständen der Physiologie bis jetzt noch genugsame Erfahrungen fehlen, um auch nur mit einiger Zuversicht die Ursachen der Erscheinungen bestimmen zu können.

Erster Abschnitt.

Metallreiz — thierische Elektricität. — Galvanismus wirkt nur durch Reaction der sensiblen Fiber — scheint keine merkbare Nebenwirkung auf unbelebte Stoffe zu haben. — Die Galvanischen Erscheinungen werden durch Stärke des Reizes und Erregbarkeit der Organe modificirt. — Vernachläsigte Betrachtung der Reizempfänglichkeit. — Zwiefacher Zustand der thierischen Faser — natürlich hohe (oder künstlich erhöhte) und mindere Erregbarkeit.

Die Worte: Metallreiz, (irritamentum metallorum) *) Wirkung der thierischen Elektricität, drücken die Erscheinungen aus, welche Aloysius Galvani an der, im Muskel inserirten Nervenfaser entdeckte. Die letzte Benennung ist gewagt, **) die erste unrichtig, nicht blofs weil Kohlen so gut als metallische Stoffe zu Excitatoren dienen können, sondern auch

*) Klein *Diss. de met. irritamento veram ad explorandam mortem. Mog.* 94. Sprachrichtiger wäre irritamentum metallicum, wie Herr Sömmering bemerkt.

**) Pfaff. a. a. O. S. 9. Note 206. und 301. Gren im Journ. der Physik 92. B. 6. H. 3. S. 408. Volta gebraucht auch den Ausdruck, metallische Elektricität. *Giornale Fisico-medico del D. Brugnatelli* 94. *Agosto* p. 100.

weil ohne beide, mit blofs thierifchen Leitern, heftige Zuckungen erregt werden. Untadelhafter fchienen mir die Ausdrücke: Galvanifcher Reiz, für die äufsere unbekannte Urfache der Muskelbewegung, Galvanifiren für die Handlung des Reizes felbft, Galvanismus für den Inbegriff aller dabei bemerkbaren Erfcheinungen. Ich bediene mich meift diefer Ausdrücke, welche ihre Kürze empfiehlt, bisweilen aber auch der Benennung Metallreiz. Wenn man die Begriffe feft hält, find folche Kunftwörter gleichgültig. Der grofse Franklin fchämte fich nicht, von Glaselektricität zu reden, und die Zoologen wiffen recht genau, dafs der Monodon monoceros Linn. zwei Zähne hat. Es ift immer beffer, dafs ein Zeichen Facta, *) wenn gleich unvollftändig, ausdrückt, als wenn es apodiktifch auf Hypothefen hinweift.

Erregbarkeit ift nur eine Eigenfchaft der Thier- und Pflanzenftoffe, ein ausfchliefslicher Vorzug der organifchen Natur. Die Galvanifche Reizung wirkt daher auch nur auf diefe bemerkbar, nur auf die, mit der fenfiblen Fiber verfehene Materie. Sie fetzt Reaction der lebendigen Thierkraft voraus, und gehört zu dem, was Herr Hufeland, in feiner vortrefflichen Pathogenie **) vitale Action nennt. Die einfachfte Art, Muskelbewegun-

*) Gehler's Phyf. Wörterbuch V. S. 293. Das Azote unferer jetzigen Chemie ift auch nicht der einzige lebenraubende Stoff in der unorganifchen Natur.

**) Hufeland, a. a. O. S. 19.

gungen durch blofs thierifche, homogene Stoffe zu erregen, fcheint überdiefs zu lehren, dafs die Nervenfafer fich bei der Reizung nicht leidend, wie hygrofkopifche, elektrofkopifche Subftanzen, verhält, fondern dafs alle Thätigkeit von ihr allein ausgeht. Wenn aber auch ein, in der todten Natur verbreiteter Stoff (das magnetifche Fluidum zum Beifpiel oder der Lichtftoff) in dem Galvanismus wirkfam wäre, fo bliebe der obige Satz von der vitalen Action doch richtig. Denn dort war von dem ganzen Phänomen der Reizung, nicht von der materiellen, vielleicht nicht einmal einfachen Urfach derfelben, vom Stimulus felbft, die Rede. Die Erfcheinung, dafs der Muskel der linken Herzkammer von hochrothem Blute zum Zufammenziehen gereizt wird, bleibt eine blos vitale Erfcheinung, wenn gleich nur das im ganzen unbelebten Luftmeer verbreitete Oxygen *) das arterielle Blut reizend macht. Das Dafeyn diefes Stoffes ift nicht die einzige Bedingung, unter der die Contraction erfolgen kann. Sie ift der gemeinfame Effect einer fo gemifchten, fo geformten thierifchen Materie. **)

*) Schon Haller fagt, wahrfcheinlich von Mayow veranlafst: "Dringt ein feineres Element aus der Luft ins "Blut, das die Röthe hervorbringt, fo wie das Licht zu "den Farben der Pflanzen nothwendig ift? Oder befteht "der Nutzen der Lunge in einem Einfaugen des Salpeters "(fpirit. nitro-aëreus!) aus der Luft? Kommt da-"von die fchöne Röthe? ..." Grundr. d. Phyfiologie überf. von Sömmering S. 320. Ich citire in der Folge immer diefe Ueberfetzung des grofsen Mainzer Anatomen.

**) Vergl. Reil's Archiv a. a. O. S. 158.

Wenn aber der Galvanifche Verfuch auch nur an erregbaren Subftanzen gelingt, fo könnte er doch Nebenwirkungen auf die mit ihnen verbundene unbelebte Natur haben. Die bisherigen Verfuche haben diefe Nebenwirkungen noch nicht bemerkbar gemacht, und fo gewifs fich auch a priori erweifen läfst, dafs in den unbelebten Stoffen, welche fich in der Kette zwifchen der Muskel- und Nerven-Armatur befinden, während des Reizes, Veränderungen vorgehen müffen, fo find diefelben doch wahrfcheinlich zu fchwach, um unfern Sinnen fühlbar zu werden. Ich habe das fogenannte Galvanifche Fluidum forgfältig durch gefärbte Flüfsigkeiten, gefättigte Auflöfungen von Salz, geleitet, das fcheinbare Durchftrömen lange Zeit befördert, aber nie an der Farbe, Temperatur, Verdünftung, Kryftallifation oder im chemifchen Mifchungsverhältnifs eine auffallende Modification bemerken können. Herr Chladni, deffen Entdeckungen über den Klang gewifs zu den wichtigften diefes Jahrhunderts gehören, äufserte mir den Zweifel, ob, falls in den metallifchen Excitatoren Schwingungen vorgingen, diefelben fich nicht in beftimmten Figuren darftellen laffen follten? Ich beftreute fehr ebene Zink- und Silberplatten mit feinem Marmorfande, mit Semen Lycopodii, aber die Figuren erfchienen nie. Dafs diefe Verfuche indefs nicht gegen die Schwingungen beweifen, bedarf hier kaum einer Bemerkung, da felbft das Anfchlagen an tönende Glasfcheiben in diefen eine zu fchwache Erfchütterung verurfacht, um den Zauber der Chladnifchen Figuren darzuftellen.

Aus einigen Zeilen in Herrn Volta's Schriften über die thierische Elektricität *) wurde häufig geschlossen, daſs heterogene Metalle in Berührung mit feuchten Stoffen, als: Papier, Leder, Tuch und andern, oder gar mit Waſser, unter gewiſsen Umständen sichtbare Veränderungen in diesen hervorbringen könnten. Diese Stelle ist aber, wie mich zu Como der groſse Physiker selbst belehrte, bloſs miſsverstanden worden. Herr Volta glaubt zwar aus seiner Hypothese über den Galvanismus schlieſsen zu müſsen, daſs auch bei drei verschiedenartigen, unbelebten Körpern, die sich berühren, das elektrische Fluidum determinirt wird, mehr so ——> als so <—— hin zu strömen. Er versichert aber, dieses Ueberströmen nie beobachtet zu haben, und hält es sogar, aus eben den, schon von Herrn Pfaff **) entwickelten Gründen, für unmöglich, daſs bei Versuchen mit den lebhaftesten Thieren das Elektrometer je + oder — E zeigen könne. Diese Unmöglichkeit beruht indeſs nur auf der Analogie des Galvanismus mit dem Losschlagen der Kleistischen Flaschen, auf dem Glauben an eine Theorie, welche durch meine nachfolgenden Versuche gänzlich widerlegt wird!

Herr Valli ***) zu Pisa verband die Schenkelnerven von vierzehn Fröschen in einer Belegung und glaubte, bei der Entladung dieser Froschbatterie, an naheliegenden Strohhalmen und nachmals am Elektrometer selbst, Zeichen der übergehenden Elektricität

*) Uebersetzt von Mayer. S. 9.

**) a. a. O. S. 377.

***) *Rozier Journal de Physique* T. 41. p. 79.

zu beobachten. Der gelehrte Phyſiker Herr Kühn*) wiederholte dieſen merkwürdigen Verſuch und ſah die Goldblättchen des Bennetſchen Elektroſkops ſich bis an die Wände des Glascylinders entfernen. Die Art aber, wie beide experimentirten, ſchlieſst den Verdacht nicht aus, daſs ein ſanftes Reiben die ſenſiblen Inſtrumente afficirt haben könne. Dieſer Verdacht wird dadurch erhöht, daſs alle Verſuche mit dem Elektrometer miſslingen, ſobald man daſſelbe, zwiſchen Muskel und Nerv, in eine Kette ſtellt, deren entferntere Glieder ſich allein wechſelsweiſe verbinden und trennen. So beobachteten es die Herren Volta, Fowler, Creve, Lichtenberg,**) Schrader und Pfaff, ***) ſo fand ich es bei den ſtärkſten Batterien, welche ich aus Iſchiad- und Schenkelnerven zuſammenſetzte. Herr Valli †) führt zwei Verſuche an, in denen er das Haar einer Maus ſich elektroſkopiſch erheben und ſinken ſah. Da er ſelbſt manchen Zweifel gegen die Richtigkeit ſeiner Beobachtung erhebt, ſo fand ich mich veranlaſst, dieſelben zu wiederholen. Ich präparirte zwei Mäuſe und eine junge Ratze dergeſtalt, daſs ein Theil des Schenkels noch mit dem natürlichen Felle bedeckt blieb. Ich armirte Nerv und Muskel mit

*) Etwas über die Kuren des Grafen von Thun (durch die Wunderhand) Leipz. 94. S. 20.

**) Grens Journal Bd. 7. S. 330.

***) a. a. O. S. 373.

†) Göttlings und Hufelands Aufklärungen der Arzney-Wiſſenſchaft aus den neuſten Entdeckungen. St. 2. S. 187. und *Valli experiments on animal electr.* S. 15.

Zink und Gold; heftige Contractionen der Extremität erfolgten, aber ich bemerkte auch nicht die leifeſte Bewegung des Haars, obgleich die irritable Faſer zunächſt unter demſelben berührt ward. Ich verband 5 Froſchnerven in eine Armatur, bereitete zwiſchen dieſer und der Muskelarmatur eine lange Kette von mehreren Metallen, Kohle, Ratzenſchwänzen, dem Cruralnerven der Lacerta agilis, Morchelſtücken, gekochtem Schinken, und mit Muskelfleiſch verſehenem Mauſefell. Die Kette war in allen Puncten leitend, aber an dem Ratzen- und Mauſehaar war beim Ueberſtrömen keine Bewegung, kein Sträuben zu beobachten. Aus dieſen vielfachen Verſuchen *) läſst ſich demnach der Schluſs ziehen, daſs, wenn das Galvaniſche Fluidum auch nicht mit den Kräften der belebten Materie allein in Verkehr ſteht, die Nebenwirkungen, die daſſelbe auf die unbelebte Natur hat, doch bis jetzt noch nicht gründlich erwieſen worden ſind. Faſt eben ſo entziehen ſich unſerm Auge die Veränderungen, welche in den molécules einer Zinnplatte vorgehen, wenn ein Magnet, durch ſie durch, auf Eiſen oder Nickel oder Kobalt wirkt.

*) Herrn Kühns Verſuch bleibt indeſs immer ſehr bedenklich, und es wäre zu wünſchen, daſs Herr Hindenburg ihn mit ſeinem vortrefflichen Condenſator wiederholte. Sollte er denn nie wieder gelingen? Vielleicht aber war die bemerkte Elektricität doch nicht das Agens im Verſuche, vielleicht entwickelte ſich nur, bei Gelegenheit der heftigen Muskelbewegung, Elektricität aus den Fröſchen, welche das Inſtrument aufnahm. Solche elektriſche Erſcheinungen ſind bei Muskelbewegungen öfter beobachtet. Wir wiſſen, daſs der Viſigothe Theodorich Funken ſprühte, wenn er einherging.

Wir können daher in dieser Untersuchung die Betrachtung der todten Stoffe, als Glieder der Galvanischen Ketten, fürs erste verlassen und zu den Eigenheiten der irritablen und sensiblen Fiber zurückkehren.

Wenn das Hauptagens des Galvanismus auf der Anwendung eines Reizes beruht, so folgt aus den ersten Grundsätzen der Physiologie, dafs das Gelingen und Nicht-Gelingen der Versuche von der Stärke des Reizes eben so sehr, als von der Erregbarkeit oder Reizempfänglichkeit der thierischen Organe abhängt. *) Bisher schien man nur auf das erstere Verhältnifs hauptsächlich aufmerksam zu seyn; man untersuchte die relative Stärke der Armaturen, ihre Wirksamkeit bei isolirten oder leitenden Unterlagen, und vernachläfsigte, den Zustand der Reizempfänglichkeit zu verändern, in welchem sich das Thier, mit dem man experimentirte, befand. Ich habe mich bemüht, diesem Mangel abzuhelfen und bin dadurch zu Versuchen veranlafst worden, welche den bisher angenommenen Gesetzen des Metallreizes sehr widersprechen.

Im Herbst 1794 während meines Aufenthaltes zu Steuben am Fichtelgebirge, bemerkte ich, dafs, wenn ich abwechselnde Ketten von thierischen Stoffen (Stückchen Muskelfleisch) und Metallen bildete, die Contractionen erfolgten und ausblieben, je nachdem die Glieder dieser Kette anders gestellt wurden. Ich

*) Verglichen Herrn Sömmerings wichtige Bemerkungen in der Muskellehre §. 20—23. S. Vom Bau des menschlichen Körpers. H. 3. S. 15.

hielt die Vervielfältigung dieser Art von Versuchen, ein solches Ausmitteln der positiven und negativen Fälle, für sehr wichtig, weil es mir schien, als werde man auf diesem Wege allein die einfachen Bedingungen *) erforschen, in denen die Ursach der Reizung gegründet ist. Ich erinnerte mich indess bald, dass der Stimulus da seyn könne, auch wenn keine Zukkungen erfolgten, weil der Grund des Nichterfolgens bloss in dem Mangel der Reizempfänglichkeit der Organe liegen könne. Ich bemerkte, zum Beispiel, dass wenn in der Galvanischen Kette sich zwei Metalle nicht unmittelbar berührten, sondern wenn (Fig. 1. **) zwischen der Muskel- und Nervenarmatur, zwischen dem Silber und Zink sechs Kubiklinien frisches Muskelfleisch lagen, die Reizung bei den meisten Thieren gar nicht, bei sehr lebhaften aber

*) Herr Pfaff drückt sich hierüber sehr schön aus: "Die "Bedingungen oder Gesetze, nach denen sich das Da-"seyn der Erscheinungen richtet, sind die wichtigsten für "die ganze Untersuchung; diess constante Coëxistiren und "Succediren der Erscheinungen läfst uns mit Recht auf "einen ursachlichen Zusammenhang derselben schliessen, "und wir können diejenigen äussern Umstände, die "nothwendig zur Entstehung der Erscheinungen sind, und "ihnen immer vorangehen müssen, als Grundenthaltend "derselben ansehen." A. a. O. S. 179.

**) Ob sich gleich alle Galvanische Versuche mit Worten beschreiben lassen, so sind manche doch so verwickelt, dass kleine Zeichnungen das Verständniss derselben ungemein erleichtern. Ich werde daher die Hauptfälle durch Figuren ausdrücken, doch nur durch einfache Umrisse, um nicht die Physiognomien von Menschenhänden, Zinkstangen und Froschschenkeln, wie Aldini, oft wiederholen zu müssen. Die Metalle drücke ich durch die bekannten adeptischen Zeichen derselben, Stückchen leitenden Muskelfleisches durch die Buchstaben *m f l.* aus.

vollkommen, doch nur in den ersten fünf bis acht Minuten, glückte. Ich fand, daſs Schenkel von Fröschen, welche bei diesem Apparat nicht mehr zuckten, neue Contractionen zeigten, wenn ich ihren Nerv mit frischem Muskelfleisch bedeckte, ihn in seine vorigen Integumente einhüllte. Durch die Ruhe empfing die erschöpfte Faser ihre gröſsere Erregbarkeit wieder. Eben dies erfolgte, wenn ich den Cruralnerv einer Maus, der bei der Fig. 1. dargestellten Vorrichtung gar keine Bewegung äuſserte, in eine alkalische Auflösung oder in oxygenirte Kochsalzsäure tauchte. Die Contractionen des Mauseschenkels wurden sogleich so heftig, daſs sein armirter Nerv vom Zink herabflog, als die im Griff isolirte silberne Pincette das Muskelfleisch *a* berührte. Beweise genug, um zu lehren, wie bei vermehrter Erregbarkeit, Contractionen erfolgen, welche bei minderer, unter sonst gleichen äuſseren Umständen, ausbleiben!

Es ist daher zur gründlichen Untersuchung der Gesetze des Metallreizes unendlich wichtig, mit recht lebhaften, reizempfänglichen Individuen zu experimentiren. Je mehr die Incitabilität ihrer Organe erhöht wird, desto mehr positive Fälle, das ist, solche, in denen die Contractionen erfolgen, kann man ausmitteln. Ich bemühte mich daher, unter den Fröschen, zum Beyspiel, recht junge starke und (so viel als möglich) weibliche *) Individuen auszuwählen;

*) Wer recht viel Frösche secirt, oder den Geschlechtscharakter derselben, wenigstens in der Begattungszeit, aus ihren Händen bestimmen kann, wird die Behauptung, daſs

ich fand, dafs sie in kühlen Sommertagen, oder aus der langen Winterruhe erweckt und einige Tage im Zimmer gesellschaftlich gefüttert, am lebhaftesten waren. Aber nie, nie konnte ich vorher die selteneren Abänderungen glückender Versuche so bestimmt und sicher wiederholen, alle Nebenumstände dabei so gründlich prüfen, als seitdem ich auf den Gedanken verfiel, die Nerven der Thiere in alkalischen Solutionen, oder übersauerer Kochsalzsäure zu baden. Durch Anwendung dieser einfachen Mittel, welche überhaupt die wundersamsten Erscheinungen geben, hatte ich es gleichsam in Händen, die Erregbarkeit der Fiber willkürlich zu stimmen, Nerven matter Thiere künstlich zu einer Reizempfänglichkeit zu er-

die weiblichen Frösche reizbarer, als die männlichen sind, auf Experimente gegründet finden, die nicht, wie manche chemische, a priori oder ex anticipatione mentis, angestellt sind. Bei der rana esculenta L. war es mir deutlicher, als bei der rana temporaria L. Ueberhaupt wäre es interessant, den wundersamen Geschlechtsunterschied durch die ganze organische Natur physiologisch zu verfolgen, und ihn nicht, wie bisher in der Naturbeschreibung geschieht, blos in der Configuration gewisser Theile aufzusuchen. Selbst die Pflanzen mit getrennten Geschlechten, die Arten der Salix, Populus, Juniperus, Ruscus, Brucea, Schinus und andere, könnten in dieser Hinsicht Objecte merkwürdiger Untersuchungen werden. Vergleiche meines ältern Bruders, Wilhelm v. Humboldt Abhandlungen über den Geschlechts-Unterschied und dessen Einfluss auf die organische Natur, und über die männliche und weibliche Form, in den Horen. 95. Bd. 1. St. 2. S. 99. St. 3. S. 80. (besonders S. 100.) St. 4. S. 14.

heben, von der ich im natürlichen Zustande kein Analogon fand!

Noch mehr! Da jeder allzu häufig angebrachte Stimulus die Organe schwächt, (mit warmen Auflösungen von oxydirtem Arsenik brachte ich völlige Atonie hervor) da gemeine Säuren auf die Nerven (nicht auf die Muskeln) angewandt, nach meinen Beobachtungen die Erregbarkeit vermindern; so konnte ich nun jeden thierischen Stoff in wenigen Secunden von dem höchsten Grade der Reizempfänglichkeit zur tiefsten debilitas directa und indirecta *) herabstimmen. Die Aufzählung dieser gewiss nicht unwichtigen Phänomene selbst, verspare ich bis auf den Abschnitt von der Reizempfänglichkeit der Organe überhaupt. Hier war nur erforderlich, die Möglichkeit zu zeigen, wie ich mit lebhafteren Individuen häufiger, als andere Physiologen, experimentiren, und daher Erscheinungen beobachten konnte, welche ihnen entgehen mussten.

Ich komme nun zu den Verhältnissen oder Bedingungen, unter denen allein die Muskularbewegungen im Galvanischen Versuche erfolgen. Um sie einzeln zu betrachten, unterscheide ich (nach den im Vorigen entwickelten Gründen) zwei Zu-

*) Debilitas indirecta, welche H. Weikhard uneigentliche Schwäche nennt (Entwurf einer einfacheren Arzneykunst 95. S. 32) entstehet aus Ueberreizung des Organs. Beide Arten sind in ihren Ursachen sehr verschieden, und dass ich darum das Brownsche System nicht ganz annehme, weil ich hier und da Brown's Kunstsprache befolge, bedarf wohl keiner Erläuterung.

stände der thierischen Organe, den der natürlich hohen, oder künstlich erhöhten und den der minderen Reizempfänglichkeit. Dafs beide Zustände (wie die moralischen, von gut und böse, klug und dumm) nur dem Grade nach verschieden sind, nicht durch schneidende Grenzlinien von einander getrennt werden können, wird mir nicht zum Vorwurf gereichen. Ich betrachte die Eigenschaften der belebten Materie, wie die Eigenschaften der todten. Die Chemie kennt eine Menge von Verbindungen, die sich bei einer höhern Temperatur anders, als bei einer niedern darstellen, ohne dafs man den Grad angeben kann, wo diese Veränderung anfängt. So betrachtet der Pathologe *) in entzündlichen Krankheiten die Anhäufung von Elektricität im menschlichen Körper bei feuchter und trockner Luft, ohne zu vergessen, dafs es keinen absoluten Unterschied zwischen Trockenheit und Nässe giebt.

*) Hufeland's Pathogenie S. 126.

Zweiter Abschnitt.

Zustand der erhöhten Reizempfänglichkeit — Leitung durch blosse thierische Theile — Cotugno's ältere Beobachtung — Galvani's Versuch beim Zurückbeugen der untern Extremität gegen die obere — Zweifel dagegen — Neue einfache Versuche — Directe Verbindung des Nerven und Muskels, in den jener inserirt ist. — Indirecte Verbindung durch ein Nervenstück. — Leitung vom Nerv in den Nerv.

I. Wenn die lebendige Fiber, sey es die irritable oder sensible (denn beide machen Theile eines Ganzen aus, sind der gemeinsame Grund thierischer Erscheinungen) sich im Zustande natürlich hoher, oder künstlich erhöhter Reizempfänglichkeit befindet; so beobachte ich Muskularbewegung unter zwiefachen Bedingungen, je nachdem ein frischer thierischer Stoff, oder Metall und Kohle die Leiter des Galvanischen Fluidums zwischen Nerv und Muskel bilden.

1) Die erstere Bedingung, welche uns in diesem Abschnitt beschäftigt, könnte man auch, nach den bisher gangbaren Hypothesen, Metallreiz ohne Armatur, ohne metallische oder kohlenstoff-

haltige Excitatoren nennen. Sie giebt Verhältnisse an, unter denen man fast allgemein das Eintreten der Galvanischen Erscheinungen läugnet. Herr Pfaff, dessen Schrift alles enthält, was bis zum Winter 1795, über thierische Elektricität öffentlich bekannt gemacht wurde, Herr Pfaff*) sagt ausdrücklich: „Feuchte thierische Theile, Muskeln, Nerv, „frische vegetabilische Theile, Wasser und mancher-„lei mit demselben befeuchtete Körper, sind völlig „unfähig, Zuckungen, nach Art der Metalle, zu er-„regen. — Metalle, Erze, Kohle und Reissblei sind „die Körper, welche als einzige Excitatoren dieser „Erscheinungen aufgeführt werden können. — Bei „sehr grossen und, allen Erscheinungen zufolge, sehr „reizbaren Individuen, gleich nach der Zubereitung, „bei verschiedener Beschaffenheit der Atmosphäre „mit der grössten Sorgfalt angestellte Versuche haben „mich überzeugt, dass eine Verbindung der Mus-„keln mit einer beliebigen Armatur durch Wasser, „frische, feuchte, thierische und vegetabilische „Theile und beliebige nassgemachte Körper aller „Art nie im Stande ist, Zuckungen zu erregen.„ Herr Delametherie**) versichert in seinem schö-

*) a. a. O. S. 49—199 und 200—338. Verglichen Gehler's Phys. Wörterbuch Th. 5. S. 286.

**) *Roz. Journ. de Physique* 1793. p. 293. Das vorzügliche Talent, welches Herr Delametherie hat, analoge Facta zusammen zu reihen, und gewisse, wahrscheinliche, und zweifelhafte Resultate von einander zu unterscheiden, zeichnet diese Arbeit, wie sein Meisterwerk die *Nouvelle Theorie de la Terre*, aus. Möge dieser Mann, den seine imponirende Kühnheit bisher auf eine

nen Auffatze: *Réflexions fur l'électricité animale:* „*que* „*les fubftances animales ne font point affez bons con*„*ducteurs pour produire les effets des métaux, de la* „*plombagine et du charbon.*„ Eben fo faft alle Phyfiker, welche über den Metallreiz fchrieben.

Nur einige Erfcheinungen, welche Herr Cotugno zu Neapel, und die Bologner Schule, bemerkten, fchienen auf Metallreiz ohne Metall und Kohle hinzudeuten. Der erftere wollte eine kleine Hausmaus lebendig feciren; er fafste fie mit zwei Fingern in der Rückenhaut und hielte fie in die Höhe. Kaum aber fchlug der Schwanz der Maus gegen feine Hand, fo empfand er einen heftigen Stofs und Krampf durch den Arm, die Schultern und den Kopf. Diefe fchmerzhafte Empfindung dauerte eine Viertelftunde lang fort *). Diefe merkwürdige Erfcheinung, welche nebft andern im *Journal encyclopédique de Bologne* bekannt gemacht wurde, veranlafste Herrn Vaffali 1789, und endlich Herrn Galvani 1792 zu ihren elektrifchen Verfuchen. Sie leitete alfo zu wichtigen Entdeckungen, ob man gleich gegen fie felbft mannigfaltige Zweifel **) erhob. Herr Galvani ***) fand, dafs, wenn ein Frofch ab-

faft unbegreifliche Art rettete, den Wiffenfchaften nicht auch noch durch Revolutionswuth entriffen werden.

*) Gothaifches Mag. für das Neuefte aus der Phyfik, B. 8. St. 3. S. 121.

**) Gehler a. a. O. S. 295.

***) Grens neues Journal der Phyfik, B. II. H. 2. S. 169. (aus *Brugnatelli Giorn. phifico-medico* 94. *Agofto, p.* 99.) *Dell' ufo e dell' attivita dell' areo conduttore nelle contrazioni dei mufceli. Mod.* 94. *p.* 16.

gezogen, ausgeweidet und so präparirt wurde, dafs bei fast ganz weggeschnittenem Rückgrad die obern Extremitäten mit den untern nur durch die Ischiadnerven zusammen hingen, heftige Muskular-Contractionen in der ganzen thierischen Maschine entstanden, wenn der Wadenmuskel (musculus gemellus und soleus) gegen die Schulter des Frosches zurückgebogen ward. Es ist seltsam, dafs dieser merkwürdige Versuch, welcher in Bologna und Venedig viel Aufsehen erregte, so lange in Deutschland unbekannt blieb. Herr Pfaff erwähnt seiner ebenfalls nicht, und der Caval. Volta, mit dem ich auf seinem Landsitze zu Como experimentirte, machte mich zuerst damit bekannt. Dieser grofse Physiker äufserte ehemals in seinem Briefe an den Professor Vassali zu Turin: dafs die Zuckungen im erwähnten Falle von einer mechanischen Reizung, von einem Drucke, den die Nerven litten, herrühre. Er führte mit der, ihm eigenen Lebhaftigkeit, eine Menge Gründe für diesen Zweifel an, und endigte mit dem Schlusse: „dafs diese gerühmten Versuche nichts bewiesen.„ Ich gestehe aber, dafs mir dieselben seit meiner Rückkunft aus Italien unter Umständen gelungen sind, die jeden Verdacht einer mechanischen Erschütterung des Nervensystems ausschliefsen. Oft schob ich blofs in einer horizontalen Fläche den Froschschenkel gegen das Ende der obern Extremität, uud die Convulsionen waren dennoch sehr heftig. Auch hat Herr Volta seitdem selbst seine Meinung über diese Erscheinung umgeändert. Er äufserte mir mündlich, dafs er die Zuckungen selbst

nicht mehr einer mechaniſchen Reizung zuſchreibe, daſs er ſie aber befriedigend nach ſeiner Theorie vom geſtörten Gleichgewicht der Elektricität unter drei heterogenen Stoffen erklären könne. Er zeigte mir *), wie Seife oder Kleiſter, mit denen man die Schulter oder die Bruſt des Thieres beſtreichet, die Contractionen verſtärken. Er glaube, daſs, wenn ſelbſt ohne dieſen Kunſtgriff bei friſch geöffneten, ſehr lebhaften Individuen der Verſuch glücke, es nur daher rühre, daſs der tendinöſe, weiſse, härtere Theil des Wadenmuskels die nie von Blut ganz trockne Bruſt berühre. Alsdann wären wieder drei verſchiedenartige Stoffe: Sehnenfaſer, Blut- und Muskelfaſer, im Contact, und die Bedingung, unter der (nach ſeiner Theorie) die Elektricität ſo ——> oder ſo <—— hinüber zu ſtrömen anfange, ſey erfüllt. Meine neueſten, erſt vor wenig Wochen, angeſtellten Beobachtungen widerſprechen aber dieſer Vorausſetzung. Ich zog einem Froſch die Oberhaut ab, und präparirte ihn ſo, daſs der Rumpf mit den Schenkeln nur durch die entblöſsten Iſchiadnerven zuſammenhing. Ich erregte heftige Muskelbewegungen, als ich das rothe, gar nicht tendinöſe Muskelfleiſch der Lende leiſe gegen den Iſchiadnerven zurückbeugte. Hier war der Stimulus unter Umſtänden wirkſam, unter denen er ſich vorher noch nie gezeigt hatte! Hier waren nur zwei, und zwar organiſch

**) Vergleiche meinen zweiten Brief an Herrn Blumenbach in Grens N. Journ. 95. B. 2. H. 4. S. 475.

nisch verbundene Stoffe, Muskel und Nerv in Berührung! Von einem mechanischen Druck konnte die Reizung nicht entstehen; denn alle Theile blieben in Ruhe, als der Ischiadnerv allein mit Muskelfleisch, Siegellak, Holz und andern nicht excitirenden Substanzen erschütternd berührt ward. Ja, eben diese Ruhe erfolgte, als eine dünne Glasplatte oder Blättchen von einer aufgetrockneten Pflanze den Nerv bedeckten, und die Lende nun gegen diese zurückgebeugt ward. Auf eine fast ähnliche Art erregte Herr Volta Muskelbewegungen *) als er die obern und untern Extremitäten eines eben so präparirten Frosches in zwei verschiedene Gefäſse mit Wasser tauchte, und beide Gefäſse mit zwei seiner Finger mit einander verband. Er vermuthete, daſs auch in diesem Falle ein glückliches Zusammentreffen von Nebenumständen, eine zufällige Heterogeneität seiner Finger gewirkt habe! Es kommt hier

*) Auffallend ist es, wie lebhaft Herr Volta selbst sonst gegen die Möglichkeit dieser Muskelbewegungen eiferte. „Wenn „das elektrische Fluidum, sagt er, nach Galvani's „Theorie in dem Körper eines Thieres, dessen Hinter-„schenkel in einem mit Wasser gefüllten Glase hängen, „und dessen Rumpf mit dem Rückenmark sich in einem „andern Glase befindet, ungleich vertheilt wäre: und „wenn bei der angebrachten leitenden Verbindung zwi-„schen dem einen Glase und dem andern durch einen „metallischen Bogen, die heftige krampfhafte Bewe-„gung daher rührte, daſs das Fluidum plötzlich ins „Gleichgewicht gebracht wurde, warum, frage ich, er-„folgen nicht dieselbigen Bewegungen, warum bleibt „der Frosch vollkommen ruhig, wenn man sich, anstatt „der Metalle, zweier Finger als Auslader bedient, oder „auch in jedes Glas eine Hand steckt„? Grens Neues Journ. der Phys. B. 2. H. 2. S. 164.

nicht auf Beſtreitung einer Theorie, ſondern nur auf Ausmittelung von Thatſachen an, und daſs die vorgenannten zu verwickelt ſind, um nicht eine vieldeutige Erklärung zuzulaſſen, muſs jedem Unpartheiiſchen einleuchten. Sie ſetzen alle eine beſondere künſtliche Präparation des Thieres voraus, beide Extremitäten müſſen dabei widernatürlich gebeugt oder bewegt werden. Die Frage, ob ein tendinöſer oder muskulöſer Theil berührt worden ſey, ob die Integumente rein von Blut oder noch ſchwach damit tingirt waren, iſt unendlich ſchwer, ja apodiktiſch, im ſtrengſten Sach- und Wortverſtande, nie zu entſcheiden. So ungerecht es mir daher ſcheint, wenn man von dem Chemiſten, der ſich rühmt, das Verhältniſs von zwei oder drei Stoffen in ſeinem Laboratorium ergründet zu haben, fordert, daſs er alle Gährungsproceſſe der Luftregionen erklären ſoll, eben ſo ungerecht wäre es, dem Phyſiologen nur die verwickelteren Fälle der Galvaniſchen Erſcheinungen vorzulegen. Ich verlaſſe daher dieſen unſichern Weg der Unterſuchung, und halte mich an einfache Verſuche, die, ſo viel ich weiſs, noch niemand vor mir anſtellte.

Einem Froſch, der einen natürlich hohen, (nicht durch Alkalien künſtlich erhöhten) Grad der Erregbarkeit zeigte, wurden beide Schenkel abgelöſet. An dem rechten Schenkel präparirte ich den Cruralnerven *) ſchnell heraus, und legte dieſen,

*) Da es hier nicht darauf ankommt, die Neurologie des Froſches zu liefern, ſo merke ich nur mit wenigen Zeilen an, daſs ich den groſsen Nerv an der äuſsern

fammt der ganzen Extremität, auf eine wohlgetrocknete Glasplatte. Ich befeftigte nun ein 4 bis 6 Kubikzoll frifches Muskelfleifch an einem ifolirenden Griff von Siegellak, und berührte damit zugleich den Cruralnerv und Schenkelmuskel des Frofches. Es entftanden zu meinem Erftaunen lebhafte Zuckungen. In demfelben Zweifel, den Herr Volta *) gegen Galvani äufserte, „dafs, wenn Nerv und „Muskel vollen Vigor der Vitalität haben, jeder me„chanifche Reiz, jeder Druck oder Stofs hinreichend „ift, um Convulfionen, Tremores und Subful„tus zu erregen,„ in diefem Zweifel nahm ich, ftatt des Muskelfleifches, trocknes Holz, Horn oder einen fcharfen Knochen zum Leiter zwifchen dem Cruralnerven und Schenkelmuskel, aber keine Spur einer Contraction war zu fehén. Noch mehr: ich berührte beide, die fenfible und irritable Fiber (Fig. 2.) zugleich mit zwei Stücken Muskelfleifch x und y, die an zwei ifolirenden Pincetten befeftigt waren. Sollte nun die mechanifche Impreffion von x und y auf die thierifchen Organe Urfach der Reizung feyn, fo mufste fie erfolgen, als x und y mit Stofs diefelben

Seite der Frofchlende mit allen, die über den Galvanismus fchreiben, Crural- und Schenkelnerv nenne, obgleich es zweifelhaft fcheint, ob derfelbe diefen Namen verdient, oder nicht vielmehr als Fortfetzung des Nervus ifchiadicus zu betrachten ift. Die Kunftwörter der Menfchen-Anatomie paffen nicht immer ganz auf die Zootomie. So viel ift gewifs, dafs der gedachte grofse Nerv hinten aus dem Becken entfpringt, bis zum Knie keine Zweige abgiebt, fich von dort an aber mannigfaltig fpaltet.

*) Gren a. a. O. S. 170. Note.

trafen. Aber nein! Der Stimulus war nicht eher wirkſam, als bis ſich beide Stücke Muskelfleiſch unter einander berührten, oder bis ſie durch ein drittes, z, mit einander verbunden wurden.

Ich präparirte nun den linken Froſchſchenkel, der bereits über eine Viertelſtunde geruhet hatte; ſein Cruralnerv ſchien ſo unempfindlich, daſs er ſelbſt durch mechaniſches Kneifen, wenn es nicht überaus heftig war, nicht zu Muskelbewegungen gereizt werden konnte. Dennoch glückten alle vorbeſchriebene Verſuche auch mit dieſem. Ja! ich ſah deutlich, daſs die Reizung ſtärker war, wenn ich x und y dergeſtalt durch z verband, daſs z zuerſt x und dann y berührte, als wenn die Verbindung von y ausgeſchloſſen wurde. Als der Schenkel nach einer halben Stunde bereits ſehr mattt war, erfolgten gar keine ſichtbaren Contractionen mehr, wenn das Stückchen Muskelfleiſch zuerſt den Cruralnerven und nachmals den Schenkelmuskel traf. Dagegen waren ſie ſehr heftig, wenn die imaginäre Zuleitung des Galvaniſchen Fluidums vom Schenkelmuskel ausging. Dieſer Umſtand, welcher den Geſetzen des Metallreizes *) ganz analog iſt, entfernt, wie mich dünkt, jeden Zweifel, daſs alle dieſe Erſcheinungen keine gemeinſame Urſache mit dem Metallreiz hätten. Dieſelben Verſuche glückten mir an mehreren andern Land- und Waſſerfröſchen, an der kleinen Rana arborea, der Lacerta agilis und der

*) Valli in Rozier *Journal de Phyſique* T. 41. p. 72. Pfaff a. a. O. S. 10.

Hausmaus (Mus Mufculus.) Nerven, welche, im Zuftande der natürlichen Erregbarkeit, keine Contractionen bei diefer Präparation erregten, erlitten dieselben fogleich, als fie in alkalifchen Auflöfungen gebadet wurden. Bei mehreren Individuen löfste ich den obern Theil des Cruralnerven ab, und fchob (Fig. 3.) diefes getrennte Stück x mittelft einer Glasröhre zwifchen den, noch inferirten Nerv und den Schenkel felbft. Als auf beiden Seiten der Contact gefchah, blieb die convulfivifche Erfchütterung nicht aus. Hier waren nur zwei heterogene Stoffe, ein inferirter Nerv, ein Nervenftück und Muskelfleifch in Berührung, alfo jeder Verdacht, diefe merkwürdige Erfcheinung auf die Voltaifche Theorie vom geftörten Gleichgewicht der Elektricität, durch den Contact von wenigftens drei heterogenen Subftanzen zu reduciren, entfernt. Ich zweifle, dafs es je glücken wird, die Wirkungen des Galvanismus auf einem einfachern Wege, als auf diefem, zu zeigen. Merkwürdig ift noch dabei, dafs (Fig. 4.) wenn x kein recht frifcher Nerv, oder kein frifches Stück Muskelfleifch ift, und alfo wegen der unvollkommenen Leitung die Contraction nicht erfolgt, dieselbe fogleich erregt wird, wenn man x, ftatt mit einer gläfernen Röhre, mit einem Eifendrathe gegen den Schenkel fchiebt. Der Eifendrath berührt hier blofs die äufsere Oberfläche von x, die Communication von dem Cruralnerven zum Schenkelmuskel ift durch keine metallifchen Theile unterbrochen, und doch äufsert fich fchon der mächtige Einflufs, den diefe auf die Galvanifchen Erfcheinungen ha-

ben, ſobald ſie nur in das entfernteſte Verkehr mit den thieriſchen Organen treten.

Auch durch ein Ueberſtrömen vom Nerv in den Nerv gelang es mir mehrmals, Muskelbewegungen, ohne Armatur, durch bloſs thieriſche Theile zu erregen. Ich faſste den Cruralnerv (Fig. 5.) ganz ſanft mit zwei Fingern der linken Hand, und berührte nun mit der rechten, in der ich ein paar Cubiklinien Muskelfleiſch hielt, denſelben Cruralnerven. Die Reizung war heftig, ſobald der Contact erfolgte, ſie ſchienen am heftigſten, wenn er nahe an der Inſertion des Nerven in den Muskel, doch von dieſem entfernt, geſchah. Um überzeugt zu ſeyn, daſs auch hier kein mechaniſcher Reiz ſtatt finde, verwechſelte ich z mit einem Stück trockenen Elfenbeins, aber die Zuckung blieb ſogleich aus. Um auch dem Verdacht vom Druck mit den Fingern zu entgehen, theilte ich z in zwei Hälften, nahm in jede Hand ein Stück und berührte nun (es war an einer muntern Eidexe) den Cruralnerven in zwei Puncten damit; die Contraction des kleinen Fuſses erfolgte; ſelbſt die Zehen dehnten ſich convulſiviſch aus. Hier hatte ich alſo lebhafte Muskelbewegungen erregt:

1. indem ich die Lende eines Thieres gegen den Iſchiadnerven zurückbog, mit dem ſie noch organiſch verbunden war, (S. oben S. 32.)
2. indem der Cruralnerv und ſein Schenkelmuskel mittels eines abgeſchnittenen Stückes Cruralnerv zugleich berührt wurde, und

3. indem thierische Theile eine Leitung von einem Theile des Nerven zum anderen bildeten.

In dem ersten Falle war der Contact bloſs unter solchen Theilen, welche organisch mit einander verbunden waren. In den beiden letzten Fällen geschah derselbe mittels getrennter Stücke, welche aber kurz vorher noch dem gereizten Organe angehörten, und entweder der sensiblen oder irritablen Fiber homogen waren. Obgleich in dem Versuch Fig. 5. nur Nerv und Nerv berührt ward, so macht ihn die Leitung durch die menschliche Maschine, vom rechten in den linken Arm, doch weniger einfach, als den Versuch Fig. 3. wo Muskel und Nerv durch ein Nervenstück verbunden wird und die Kette nur aus zwei Stoffen bestehet.

Da ich Zuckungen erregt hatte, indem ich (Siehe oben S. 32.) den fleischigen, gar nicht tendinösen Theil der Froschlende gegen den, noch mit dem Rumpfe zusammenhängenden Ischiadnerven zurück bog, so war ich sehr neugierig, ob ich nicht bei getrenntem Rumpfe dasselbe Resultat erhalten würde. Aber alle meine bisherigen Versuche haben mir keine Contractionen gezeigt, wenn ich (Fig. 6.) den Schenkel gegen den Nerv und diesen gegen jenen bog. Eben so fruchtlos war bisher das Experiment Fig. 7. auf welches mich die Analogie von Fig. 5. leitete. Ohne den Muskel zu berühren, schob ich bei sehr lebhaften Individuen das Nervenstück v an den Cruvalnerv t dergestalt an, daſs t in zwei verschiedenen Puncten getroffen ward — aber immer

ohne Erfolg. Da es bei dem eigentlichen Metallreize ſichtbar iſt, wie in Fig. 8. die Zuckungen bei der Verbindung von dem Metall und Nerven durch r längſt aufhören, wenn ſie bei der Verbindung mit dem Metall und Muskel durch s noch fortdauern; ſo ſcheint daraus zu folgen, daſs der Stimulus in dem letzten Fall heftiger als im erſten iſt. Sollte daher, bei gleicher Reizempfänglichkeit, nicht ſchon darum in Fig. 3. eine Contraction erfolgen müſſen, die in Fig. 7. ausbleibt? Sollte man nie dahin kommen, die Erregbarkeit eines Thieres ſo zu vermehren, daſs auch der ſchwächere Reiz in Fig. 7. wirkſam würde? — Aber es kommt hier auf Thatſachen, nicht auf hypothetiſche Vermuthungen an, und ich wünſche nicht, daſs man dieſe mit den Reſultaten ſicherer Erfahrungen verwechſele.

Dritter Abſchnitt.

Zuſtand erhöhter Erregbarkeit — Leitung durch metalliſche und kohlenſtoffhaltige Subſtanzen — durch homogene Metalle, ohne Kette — mit Kette — Neues Phänomen der Reizung durch bloſse Berührung der Nervenarmatur, ohne beſondere Zuleitung aus dem berührenden Körper in die thieriſche Fiber. — Streit über Homogeneität — Verſuch die Aldiniſchen Erfahrungen gegen Volta zu rechtfertigen — Reſultate.

II. Die zweite Bedingung, unter der im Zuſtande erhöhter Reizbarkeit Contractionen erfolgen, ſetzt das Mitwirken von metalliſchen oder kohlenſtoffhaltigen *) Subſtanzen bei dem Verſuche voraus. Wir nähern uns hier einer Claſſe von Erſcheinungen, welche gröſstentheils zu den mehr beobachteten, aber verwickelteren, und darum nicht minder beſtrittenen gehört. Ich hoffe alles auf wenige einfache Sätze zurückzuführen, wenn ich abermals zwei Fälle, Reizung durch ein Metall oder homogene metalliſche Theile, und Reizung durch heterogene Metalle unterſcheide.

a) Wenn homogene Metalle Muskelbewegungen erregen, ſo ſind ſie entweder ſo an den thie-

*) Um die läſtige Wiederholung von Metall und Kohle zu vermeiden, nenne ich künftig nur die Metalle allein.

rischen Organen angebracht, dafs sie mit denselben eine geschlóssene Kette bilden, in der ein Fluidum kreisförmig circuliren kann, oder diese Kette ist nicht vorhanden. Die merkwürdigen Versuche, welche sich auf die letztere Disposition der Excitatoren gründen, sind mir eigenthümlich, und ich werde sie daher zuerst entwickeln.

α) Homogene Metalle ohne Kette — Alle Physiologen *) welche über den Galvanischen Versuch geschrieben haben, alle Physiker und Dilettanten, welche davon erzählen, behaupten apodiktisch: dafs die Muskularbewegung nicht eher erregt werden könne, als bis die silberne Pincette s (Fig. 8.) welche auf der Nervenarmatur ruht, mit dem andern Schenkel den Muskel selbst berührt; dafs Glasplatten, oder Luft (und sey es auch nur eine Luftschicht von $\frac{1}{12000}$ Linie) zwischen dem Metall und Muskel alle Contractionen verhindern. Hätte man den wichtigen Grundsatz der Physiologie, „ein Stimulus „wirkt nur dann, wenn er der Erregbarkeit des Or„gans angemessen ist,„ nicht aus dem Auge verloren, so würde man sich dieser apodiktischen Behauptung über negative Fälle enthalten haben. Ich widerlege dieselbe nicht durch die wundersame Erscheinung, welche ich schon längst in meinem ersten Briefe an Herrn Blumenbach **) bekannt

*) Z. B. Grens Journ. d. Physik, B. 6. H. 3. S. 405. B. 8. H. 2. S. 279. B. 8. H. 1. S. 72. Pfaff a. a. O. S. 50. Rozier *Journ. de Physique Avril* 1793. *p.* 290.

**) In Grens Neuem Journ. der Physik B. 2. St. 2. S. 123.

machte; nicht durch die Erfahrung, dafs Convulfionen erfolgten, wenn die mit Muskelfleifch umwickelte Pincette fich dem Nerv auf $\frac{3}{4}$ Linien näherte. Hier fchien offenbar ein gasförmiges Ausftrömen zu wirken; denn die Convulfionen hörten augenblicklich auf, als eine dünne Glasplatte zwifchen den Nerv und dem, ihm genäherten Schenkel der Pincette gehalten wurde. Ich berufe mich vielmehr auf eine ganz andere Claffe von Verfuchen, die mir nur erft feit meiner Rückkunft nach Deutfchland glückten, und die den Galvanismus in einem neuen Lichte darftellen.

Es war am 20ten November des verfloffenen Jahres, als ich den Cruralnerven eines fehr lebhaften Frofches präparirt und ihn (Fig. 9.) mit Zink M armirt hatte. Ich wollte diefe Nervenarmatur M und den Schenkelmuskel mittels einer andern Zinkftange N verbinden — aber kaum waren die beiden Metalle in Berührung, ohne dafs N fich auch nur dem Muskel oder Nerv näherte, fo erfolgten fchon heftige Contractionen. Ich zeigte diefe noch nie beobachtete Erfcheinung fogleich meinem gelehrten Jugendfreunde und Reifegefährten Herrn Freiesleben, *) und wir konnten unfer Erftaunen darüber

*) Verfaffer der Bemerkungen über den Harz, Leipz. 1795. 2 Bände, und mehrerer geognoftifchen Befchreibungen Böhmifcher und Sächfifcher Gebirgsgegenden im Bergm. Journ. u. in Lempens Magazin — Schriften, welche befonders für die fchwierige und für den Bergmann wichtige Unterfuchung über Schichtung und Lagerung der Gebirgsmaffen claffifch wichtig und lehrreich find.

nicht genugſam gegenſeitig ausdrücken. Wir fürchteten, dieſe Reizempfänglichkeit möchte nur wenige Minuten anhalten, aber der Verſuch glückte eine gute Viertelſtunde lang. Ich hatte daher Muſse, alle Nebenumſtände ſorgfältig zu prüfen, um dem Verdachte der Täuſchung, den ich mir ſelbſt erregte, zu entgehen Ich fand, daſs es ganz gleichgültig war, wo, ob in r oder in den entfernteren Puncten s und t die Nervenarmatur M, durch Zink berührt wurde. Der Verſuch glückte, ich mochte N mit der Hand, oder mittels eines Griffs von Siegellack halten. Ja, die Contraction war überaus heftig, indem ich N auf M fallen lieſs, ohne daſs es weder einen thieriſchen Theil noch die Glasplatte unter dem Zinke berührte. Sie blieb ſich ganz gleich, ich mochte mit einer ſilbernen *) Pincette oder mit N ſelbſt, die Armatur von Zink erſchüttern; ſie blieb ſich gleich, das entgegengeſetzte Ende von N, v, mochte ſich den thieriſchen Organen auf eine halbe Linie nähern, oder davon zoll-weit entfernt bleiben, es mochte entblöſst oder mit friſchem Muskelfleiſch umwickelt ſeyn. Ich verlängerte M dadurch, daſs ich daſſelbe mittels eines dreizölligen eiſernen Drathes mit einer andern Zinkſtange P verband (Fig. 10); nun wurde dieſe allein von N

*) Ich habe dieſen Abſchnitt eingetheilt in Zuckungen durch a) homogene Metalle α) ohne Kette, β) mit Kette; b) heterogene Metalle. Ich laſſe unter b den Fall ohne Kette, der ſchon unter α erzählt wird, weg. Eben der Wiederholung war ich ausgeſetzt, wenn ich mit und ohne Kette zu Oberabtheilungen machte, und jede derſelben in Contractionen, mit homogenen und heterogenen Metallen zerfallen lieſs.

berührt, und augenblicklich entſtanden lebhafte Contractionen. Dieſe hörten auf, wenn der Contact der Metalle einmal geſchehen war; nur eine neue Trennung und neue Berührung erregte ſie wieder. Die Zinkſtange N wirkte indeſs hiebei auf eine andere Art, als daſs ſie P oder M erſchütterte. Die heftigſten Schläge von Glas, Elfenbein, Knochen, trocknem Ebenholze und Hornſtein brachten keinen Reiz hervor. Es blieb mir der Verdacht, ob vielleicht eine verborgene Leitung zwiſchen N und dem Froſchſchenkel oder Cruralnerven ſtatt fände; ob ein Verſuch, der allem, was man bisher von einer geſchloſſenen Kette, von einem cirkulirenden Fluidum ſagte, zu widerſprechen ſchien, ſich doch nicht auf die Geſetze der Kette reduciren lieſs. Ich wechſelte von Glasplatten, auf denen der Apparat lag, aber ohne eine Veränderung in den Erſcheinungen hervorzubringen. Ich ſchob endlich eine Glasplatte unter den Zink (Fig. 11.) und eine zweite c unter den Schenkel. Indem ich nun Zink auf Zink fallen lieſs, hielt eine zweite ganz iſolirte Perſon c ſammt dem Schenkel, in der Luft in die Höhe. Die Muskularbewegung ſchien durch dieſe Iſolation, ſtatt gar nicht zu erfolgen, nur noch convulſiviſcher zu werden. Das Metall N, deſſen Contact mit P oder M als die Urſach der Reizung anzuſehen iſt, ſcheint demnach auf keine andere Weiſe, als durch M auf den Nerv zu wirken. Der Einwurf, daſs auch aus dem andern Ende von N, aus v durch die Luft etwas in den Schenkel ſtrömen könne, begründet zwar keine Unmöglickeit; indeſs gehört er zu denen,

mit welchen man freilich jede phyfikalifche Wahrheit unficher machen kann. Um jedoch kein Experiment unverfucht zu laffen, erfann ich mir folgenden Apparat. Ich ftürzte (Fig. 12. a.) eine gläferne Glocke über P und N, und fperrte dieselbe, befonders wo der Eifendrath bei y heraustritt, mit Oel. Nun fchob ich, durch den Rand der Glocke felbft N an P an, und die Contraction fehlte bei der Berührung nie. Wo ift hier noch eine andere Verbindung von N nach dem Schenkelmuskel, als die durch P, den Eifendrath M, und den Nerv denkbar?

Beide Schenkel deffelben Individuums gaben diefelben Erfcheinungen. Bei dem einen dauerten fie indefs kaum vier bis fünf Minuten lang. Ich hatte damals mehrere überaus lebhafte Fröfche, welche im warmen Zimmer plötzlich aus der Winterruhe, in die fie der heftige Froft verfenkt hatte, erwachten. Mit diefen glückte mir der vorbefchriebene Verfuch, in den letzten Tagen des Novembers, wohl fechs bis fiebenmal. Herr von Schallern, ein erfahrener, einfichtsvoller Arzt, war mehrmals dabei gegenwärtig; wir prüften alle Nebenumftände, und überzeugten uns, dafs die Reizung vorhanden ift:

„wenn nur die Bedingung erfüllt ift, „dafs ein Metall, auf dem der Nerv „ruht, von einem andern, ihm homoge„nen oder heterogenen, Metall erfchüt„ternd berührt wird.„

Der umgekehrte Verfuch (Fig. 12. b.) in dem die Zinkftange N. mit dem Schenkel, aber nicht mit

dem Metall M in Contact tritt, war *immer* negativ.

Noch mehr! Ich hatte einst zwei Schenkel zugleich mit Zink armirt, zwischen beiden war keine leitende Verbindung; so oft aber N auf M fiel, zuckten beide heftig. Ich liess jeden derselben mit einer eigenen Glasplatte (Fig. 13.) in die Luft heben, aber der Versuch glückte nicht minder. Als der eine Schenkel a an Erregbarkeit abnahm und ungereizt blieb, während dass das entfernte Metall N auf den Nerv b mächtig wirkte, so wurde auch für a der Reiz augenblicklich wieder hergestellt, als a und b durch eine Zinkstange Q (Fig. 14.) verbunden wurden. Dieser Fall ist sehr auffallend. M, b, q und a bildeten nun eine geschlossene Kette, deren Glieder zwei homogene Metalle und zwei Froschschenkel waren. Wenn ein Stück Bergkrystall M heftig erschütterte, so blieb alles in Ruhe; kam aber die Zinkstange N nur in den leisesten Contact mit M, so waren alle Erscheinungen des Galvanismus auf einmal hervorgerufen. Eben diese stellten sich dar, wenn Q fehlte, und der Schenkel a, den Fuss von b berührte. Auch schien es, als wenn (Fig. 9.) der Cruralnerv erregbarer wurde, wenn er einige Minuten auf dem Zink M geruhet hatte, als wenn er eine gleiche, ja wohl längere Ruhe auf einer Glasplatte genoss. Doch wurde diese Abänderung des Versuchs nicht oft genug wiederholt, um bestimmt darüber entscheiden zu können. — Dagegen ist es mir zweimal unwiderssprechlich geglückt, den Nervus radialis und Nervus ischiadicus eines nicht

ſehr lebhaften Froſches durch alkaliſche Auflöſungen zu einer ſolchen Reizempfänglichkeit zu ſtimmen, daſs ſie nun von homogenen Metallen ohne Kette ſtimulirt wurden.

Soweit die Thatſachen! Wie aber dieſer Verſuch, den ich für den wichtigſten halte, welchen dieſe Schriſt über den Galvanismus enthält, alle Theorien, welche ſich auf kettenförmige Berührung verſchiedener Stoffe, oder auf ein kreisförmiges Hin- und Herſtrömen einer Flüſſigkeit gründen, widerlegt, davon wird die Entwickelung unten folgen.

β) Homogene Metalle mit Kette. — Auch hier zeugen meine Verſuche gegen die Behauptungen der neuern Phyſiologen. Kein Streit, welcher den Galvanismus betraf, iſt jenſeits der Alpen mit ſolcher Hitze und Bitterkeit geführt worden, als der über die Frage, ob homogene Metalle, als Muskel- und Nervenarmatur, auch Contractionen erregen können? Bei dieſer Lebhaftigkeit iſt es kaum begreiflich, wie lange man ſich mit unexacten Verſuchen begnügte. Statt ſich ſelbſt Metalle zu reinigen und nur dieſe anzuwenden, agirte man mit Scheeren *) und Feilen, deren Miſchung man nicht kannte. Ja! man drehte ſich immer im Kreiſe um die Verſuche mit kaufbarem Zinne und Eiſen, ungeachtet jedem Chemiſten bekannt iſt, daſs jenes immer mit Blei gemengt, dieſes in einem dreifachen Zuſtande, rein, gekohlt und überkohlt vorkommt. Herr Aldini zu Bologna bahnte endlich einen

*) Valli *exper.* a. a. O. p. 39. Pfaff a. a. O. S. 65. und 158.

neuen Weg. Er zeigte zuerst, wie man mit einem metallischen Fluidum, mit Quecksilber, experimentiren müsse. Er übertraf alle seine Vorgänger in der Mannigfaltigkeit von Versuchen, in der Feinheit des Apparats, in den sinnreichen Anordnungen desselben — aber er ging darauf aus, eine allgemein beliebte Theorie umzustürzen, und es traf ihn daher ein Loos, dem der Physiker in solchem Falle nie entgeht; seine Facta wurden geläugnet, *) man warf ihm vor, dass er sich getäuscht habe.

Ich schreite jetzt zur speciellern Beleuchtung dieser Behauptungen. Herr Galvani gab zuerst Zuckungen als eine Folge homogener Armaturen von Eisen **) an. Der Professor Berlinghieri ***) zu Pisa und Doctor Lind bestätigten diese Angabe, und die *Société philomathique* †) zu Paris fügte noch homogenes Blei und Zinn, als dem Galvanismus günstig, hinzu. Herr Valli bemerkte Contractio-

*) Wie man, um Theorien zu retten, nicht bloss Facta läugnet, sondern selbst gegen die einfachsten Grundsätze der Mechanik und Hydrostatik streitet, davon siehe ein denkwürdiges Beispiel in einem Conflict berühmter, sonst verdienstvoller Männer über ein negativschweres Phlogiston, über den Schwerstoff, das Wiegen der Gasarten in freier Luft und über eine ursprüngliche Expansivkraft des Licht- und Wärmestoffs.

**) Gren's Journal der Physik, B. 6. St. 3. S. 378.

***) Roz. *Journ. de Physique, Avril* 1793. *p.* 289. „C'est à „tort que les physiciens ont dit, qu'il fallait „une hétérogénéité dans les métaux, qui servent d'armatures et d'excitateurs.

†) Eine gelehrte Gesellschaft junger Leute, welche 1788. zusammen trat und ihre Arbeiten während der Revolution fortsetzte.

nen, als er mit den Blättern einer Scheere und der kleinen Schraube, welche jene zuſammenhält, zugleich Muskel und Nerv berührte. Den Verdacht, den Zinn und Eiſen erregen, habe ich bereits oben geäuſsert und beim kaufbaren Blei iſt ungleiche Vermengung mit Silber nicht weniger zu muthmaſsen. Herr Pfaff *) reizte die thieriſchen Organe durch ein einfaches Stück Kupferblech mit Erfolg, blieb aber wegen Mangels an Vervielfältigung ſeiner Verſuche, wie er ſelbſt geſteht, unſchlüſſig, ob er die Heterogeneität der Metalle für eine unweſentliche oder mit Fowler und Volta für eine weſentliche Bedingung Galvaniſcher Erſcheinungen halten ſoll. Herr Valli, der über dieſen Gegenſtand mit Herrn Delametherie und vor den Commiſſarien der Académie des ſciences zu Paris experimentirte, ſtand anfangs ganz auf Fowlers Seite, **) entſchied ſich aber nachmals für die Gleichartigkeit der Stoffe. Galvani präparirte einen Froſch auf die oft beſchriebene Art, ſo daſs Rumpf und Schenkel nur durch die Iſchiadiſchen Nerven zuſammenhingen; jede Extremität lag in einem eigenen Glaſe voll Waſſer, und ein Metallbogen verband ſie. Bei jedesmaliger Verbindung trat die Reizung heftig ein. ***)

*) a. a. O. S. 66. und S. 161.

**) *Bibliothèque de Turin* 1792. *Mars*. 268.

***) Auch *Aldini* „Galvaniano enim Commenta„rio perſpicuum eſt (quod nos quoque ſaepe „experti ſumus) ranae muſculos nervosque „in vaſis duobus aqua plenis demerſos, admoto metallico arcu, indubiis cieri contrac„tionibus. En muſcularis contractio arcu

Der grofse Phyfiker in Pavia *) konnte bei diefem Verfuche nicht gleichgültig bleiben. Seine Theorie gründete fich auf die Berührung heterogener Stoffe und ein daraus entfpringendes, geftörtes Gleichgewicht im elektrifchen Strome. Diefe Theorie ftürzte ein, wenn Galvani's Verfuche richtig angeftellt waren. Herr Volta übernahm nun eine Arbeit, welche fein grofses Talent über feine, faft unpalpable Gegenftände zu experimentiren in feinem fchönften Lichte zeigt. Sein erfter Brief **) an den Profeffor Vaffali enthält die Refultate diefer Arbeit. Er zeigt darin, dafs Heterogeneität der Metalle gar nicht auf dem Mifchungsverhältnifse derfelben, fondern eben fo fehr auf ihrem Glanze, ihrer Geftalt, Oberfläche, relativer Trockenheit und Temperatur beruhet. Ich wage es nicht, einen Auszug aus diefer fo beredt gefchriebenen Abhandlung zu liefern, und hoffe, dafs das treffliche Original felbft die Aufmerkfamkeit jedes Phyfikers auf fich heften wird.

Ich fah Herrn Volta den gröfsern Theil diefer feinen Verfuche vor meinen Augen anftellen. Ein filberner Bogen, in die Gläfer mit Waffer getaucht, brachte keine Muskelbewegung hervor. Ein Atom Seife, Pflanzenlaugenfalz, Säure, an das eine Ende

„uno, uno metallo comparata!„ *De Animali Electricitate Diff. duae* 1795. *p*. 4. Sonderbar, dafs diefe wichtige Schrift in Deutfchland faft nur aus Citationen aus italienifchen Journalen bekannt ift!

*) Anfangs hielt er Heterogeneität felbft für keine nothwendige Bedingung. Volta's lett. to Mr. Cavallo in *Phil. transact. p*. 93. *P*. 1. *p*. 14.

**) Gren's Neues Journ. B. 2. H. 2. S. 144.

des Bogens gestrichen, stellte sie augenblicklich dar. Beide Enden des Bogens wurden in den Saft von reifen Früchten der Cornus mascula L. getaucht. Der Stimulus blieb aus; das eine Ende ward abgewischt und in eine unreifere Frucht desselben Strauchs gestoſsen; nun hielten (in dem Sinne der Hypothese gesprochen) der reife und unreife Saft am Metallbogen sich nicht mehr im Gleichgewicht, und die Reizung erfolgte. Wie sehr mich diese Erscheinung in Erstaunen setzte, als ich sie zuerst sah, davon zeugt mein zweiter Brief über die Muskelfaser an Herrn Blumenbach *)

Ich bin weit davon entfernt, die Thatsachen zu läugnen, welche Herr Volta dem Professor Vassali zu Turin meldet. Ich habe mich durch selbst wiederholte Versuche überzeugt, daſs ein unwirksamer Bogen dadurch wirksam wurde, daſs sein eines Ende 12 Minuten lang in siedendes Wasser getaucht wurde. Es ist unwidersprechlich wahr, erst durch die Beobachtungen des groſsen Ticinischen Naturlehrers erwiesen, daſs

„Thiere, bei denen homogene Metalle
„keine Convulsionen erregen, dieselben
„ben sogleich erleiden, wenn die Me-
„talle durch die leiseste Abänderung
„des Mischungsverhältnisses, der Po-
„litur, Härte, Form, Temperatur, un-
„gleichartig gemacht werden.„

*) Gren's Neues Journ. der Physik, B. 2. H. 4. S. 472.

Dieses ist das Resultat jener Versuche, wie mir scheint; nicht aber der Satz, den Herr Volta aufstellt:

„dass, nur unter der Bedingung einer Ungleich-
„artigkeit in den Metallen, Muskularbewegun-
„gen erfolgen können.„

Folgt nach den Gesetzen der Logik daraus, dass, weil tausend Frösche in dem Versuch Fig. 3. nicht eher zucken, als bis der thierische Leiter gegen einen metallenen verwechselt wird, dass alle meine, im ersten Abschnitt entwickelten, mit so vieler Vorsicht angestellten Experimente vom Galvanismus ohne metallische Armatur falsch sind? Folgt daraus, dass alle Physiker bisher nur bei kettenartiger Berührung der Excitatoren mit thierischen Organen Galvanische Erscheinungen bemerkten, dass meine Entdeckung über den Metallreiz ohne Kette Täuschung war? Ein positiver, mit Bedacht angeordneter Versuch beweiset mehr, als zehn negative. Daran sollte uns, mit jedem Athemzuge, eine nahrhafte Flüssigkeit erinnern, die einen Bestandtheil unserer Atmosphäre ausmacht, und deren Besitz man neuerlichst den Quecksilberkalchen ableugnen wollte! Dazu sehen wir ja in unsern Experimenten selbst den Grund, warum die positiven und negativen Fälle beide gleich wahr sind, neben einander bestehen können. Wir wissen, dass in Fig. 9, wenn zwei Zinkplatten sich auf einander, *N* sich auf *M* bewegt, ein Stimulus hervorgelocket wird, ohne dass das Ende *v* den Cruralnerven berührt; wir wissen, dass

thierische Organe, welche nur in Fig. 8. *) Contractionen zeigen, dieselben auch in Fig. 9. erleiden, sobald ihre Erregbarkeit durch alkalische Auflösungen künstlich vermehrt wird. Da demnach alles auf die Stärke des Stimulus und der Erregbarkeit zugleich ankommt, so können negative Versuche nur dann apodiktisch entscheiden, wenn es möglich wäre, an eben so viel Thieren, als es denkbare Grade der Reizempfänglichkeit giebt, das Galvanische Experiment anzustellen. Johannes Aldini zu Bologna schien glücklich ein Mittel entdeckt zu haben, auf welchem die Zweifel des Ticinischen Physikers, durch unendlich sinnreich ausgedachte Instrumente, direct gehoben werden konnten. Er glaubte, seinem Arzte Galvani, **) der ihn eben aus einer schmerzhaften Krankheit errettet hatte, kein schöneres Denkmal seiner Dankbarkeit setzen zu können, als dadurch, dafs er die, gegen denselben gerichtete Theorie von der metallischen Elektricität durch Versuche zu widerlegen suchte. Er sah die Schwierigkeit ein ***) „*ex solidis metallis aliqua reperiri, quae diffi-*„*cilis chemicus omni ex parte homogenea fateatur*,„

*) So undeutsch auch diese Art sich auszudrücken ist, so wähle ich sie doch, weil ein Blick auf die Figur den ganzen Apparat und Versuch ins Gedächtnifs zurückruft, und ich so ermüdenden Beschreibungen entgehe.

**) Aldini a. a. O. p. 4.

***) Im Hause dieses grofsen Entdeckers wurden in den Jahren 1793. und 1794. öffentliche Versammlungen gehalten, in denen man über die thierische Elektricität und ihre Wirkungen disputirte.

und nahm daher zu einer metallischen Flüssigkeit, zum Quecksilber, seine Zuflucht. Die Vorrichtung zu Aldini's Versuchen ist am leichtesten auf seinen trefflichen Kupferplatten (Tab. 1. Fig. 1. 2. 3.) zu übersehen. Zwei flache Schalen von Glas stehen über einander, und sind durch eine senkrechte Röhre verbunden, welche gleichsam den Fuss der obern Schale ausmacht. Der Cruralnerv eines Frosches wird in diese, der Schenkelmuskel in das untere Gefäss getaucht. Indem nun Quecksilber durch die geöffnete Röhre aus dem obern in das untere herabfliesst, so erfolgen lebhafte Bewegungen. Das Quecksilber bildet hier gleichsam einen leitenden Bogen zwischen Nerv und Muskel. „*An forte* (wendet Aldini selbst ein) *dilabens mer-* „*curius a vitreis, in quos offendit, parietibus electrici-* „*tatem extricat, quemadmodum superior barometri pars* „*vel levi facta oscillatione hydrargyri, splendida illico elec-* „*trica luce corruscat? qui id metuat, vitreis adhibitis* „*vasis, lignea sufficiat, agnoscetque statim se ea de re* „*temere dubitasse.*„ Um in diesen Versuchen das Eintauchen des Rückenmarks in das Quecksilber zu erleichtern, und zwar so, dass die Medulla von allen Seiten in Contact mit der metallischen Flüssigkeit sey, ersann Herr Aldini einen Heber mit einer sehr engen und einer wohl sechsfach weitern Röhre. Die Ränder der letzteren waren nach innen umgekrempt (Fig. 15.) und bildeten gleichsam einen Trichter, dessen Bodenöffnung mit einem Stöpsel verschlossen wurde. Dieser Trichter empfing die Schenkel, der Siphoarm aber das Rückenmark des Thieres.

Das Queckfilber wurde durch diefen eingegoffen, und als es bei geöffnetem Trichter in diefen ftieg und die Schenkel berührte, erfolgten die convulfivifchen Bewegungen. Dafs dieselben keine Folge eines mechanifchen Reizes find, nicht durch den Stofs des Queckfilbers gegen den Nerv entftehen, wird *) durch mannigfaltige Gegenverfuche erwiefen. Um endlich den homogenen Conductor in feiner ganzen Einfachheit darzuftellen, läfst man die untern Extremitäten eines Frofches in einem Gefäfse mit Queckfilber fchwimmen. Die Galvanifchen Erfcheinungen ftellen fich fogleich ein, als man die Medulla fpinalis, welche fammt den Ifchiadnerven an einem trocknen Faden in die Höhe gehalten werden, auf das flüffige Metall leife herabfenkt. Eben dies glückt an den Nerven warmblütiger Thiere, **) an Hünern

*) a. a. O. p. 7.

**) "Cum experimenta haec Galvaniano, cujus "confilium faepiffime audiebam, obfervan-"da, ac perpendenda exhiberem, doluit ipfe "in folis ranis fuiffe eadem inftituta, horta-"tusque eft, ut ad calidi fanguinis animantia "traducerem. Amiciffimae autem querelae "debuit ftatim poenas luere. Nam cum ejus "generis experimentorum peritus profector "effet diligendus, ad Galvanium ipfum con-"fugi, illud nempe ratus, *animalem electricita-"tem fui quodammodo parentis adfpectum veritam, ab "eodemque pertractatam* facilius prodituram. (!) "Itaque diffectum aut pulli aut agni crus ma-"nu verticali pofitu fuftineo, fic quidem ut "nudati mufculi cum hydrargyro communi-"cent, evehoque cruralem nervum, armatu-"ra nulla munitum, ut relictus fibi mercurii "libellam attingat pro voluntate: id dum fit

und Schafen. Aus diesen Versuchen zog Herr Aldini den Schluſs (*l. c. p.* 17.) „*nihil oportere dissi-*„*milia in gignendis contractionibus metalla usurpare, unum* „*satis esse; id argentum, atque praesertim aurum in ro*„*bustioribus animantibus praestare. Si quid*, setzt er hin-„zu, *in solidis metallis heterogeneitatis suspicio supersit,* „*avertitur facile, si fluido metallo, nempe chemicis artifi-*„*ciis expurgato hydrargyro utaris.*„

Allen diesen schönen, so mannigfaltig abgeänderten Versuchen setzt Herr Volta entgegen, „daſs „sie nur den verführen können, der ihnen nicht auf „den Grund geht, der nicht selbst Verstand und „Hände ans Werk legt.„ Von dem Princip ausgehend, daſs darum, weil viele Individuen nur von heterogenen Metallen gereizt werden, keines durch gleichartige Contractionen leiden könne, läugnet er die Thatsachen, welche Aldini aufstellt, versichert, daſs alle Phänomene des Galvanismus sich auf das einzige Gesetz der Heterogeneität reduciren lassen, „und daſs darüber nun nichts mehr zu „sagen übrig wäre.„ Er wendet gegen die Versuche mit Quecksilber ein: 1) daſs die Chemie einen groſsen Unterschied zwischen der Oberfläche einer Quecksilbermasse und ihrem Innern finde, daſs jene durch die Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs einen Anfang der Calcination leide, und daſs Aldini's Bogen daher (da die thierischen Organe ungleich eingetaucht wurden) nur scheinbar homogen war;

"tremores, contractionesque in crure universo vehementes conspicio." Aldini *l. c. p.* 6.

2) dafs in Aldini's Verfuchen vom Queckfilber ein Stofs ausgeübt werde, und dafs, wenn diefer Stofs an beiden Enden des Bogens nicht gleich fey, fchon darin eine Urfach der Ungleichartigkeit liege, weil die Elektricität dadurch ungleich frei gemacht, der einen Metallmaffe ein Uebergewicht über die andere (als Antagoniften) ertheilt würde. *)

*) Hier des grofsen Mannes eigene Worte: "Ueber Aldi-"ni's Erfahrungen mit Queckfilber, auf die er fich be-"fonders viel zu gute thut, da er dies Metall im Zu-"ftand feiner Reinigkeit von aller Ungleichartigkeit frei "fpricht, mufs ich noch etwas hinzufetzen. Ich fage "nemlich, dafs der fchwierige Chemift, den Aldini "auffordert, zwifchen den Theilen eben diefes rectificir-"ten Queckfilbers mit allen Hülfsmitteln der Kunft einen "Unterfchied zu finden, ihn allerdings findet, und zwar "einen fehr grofsen, zwifchen den innern und den "oberflächlichen Theilen deffelben; die letztern erlei-"den an der Luft einen Anfang der Calcination, befon-" ders wenn fie gefchüttelt werden. Welch Wunder da-"her, dafs Muskularzufammenziehungen erfolgen, wenn "die Schenkel des präparirten Frofches blos die Ober-"fläche des Queckfilbers berühren, und ein Stück des "Rückgrades tiefer in der Maffe des Queckfilbers liegt, "wie es in den hier befchriebenen Verfuchen der Fall "ift; und wenn der erwähnte Unterfchied des Zuftandes "des Queckfilbers an beiden Stellen ftatt findet? Das "Queckfilber, welches Aldini als das ficherfte angiebt, "ift noch verdächtiger und unficherer, als zwei Stücke "Blei, die von einem Streifen genommen find. — Ich "mufs aber auch eine andere Exception gegen feine Ver-"fuche erheben, und hier noch eine nothwendige Rück-"ficht in Anfehung des Contacts anführen. Die Arma-"turen von einem und demfelben Metalle, die einander "fo viel als möglich ähnlich find, müffen auch auf einer-"lei Art angebracht werden, wenn wir in Anfehung der "Nerven und Muskeln, die ihre gröfste Empfänglichkeit "haben, ficher feyn wollen. Wenn diefes nun in den "Erfahrungen, die man mir entgegenfetzt, nicht beob-

Der Ticinische Physiker setzte also den Thatsachen des Herrn Aldini rationale Zweifel entgegen. Es würde nicht schwer seyn, auch diese mit neuen Muthmaſsungen zu beantworten; da es mir aber einfacher schien, Facta so lange durch Facta zu prüfen, als der Streit Gegenstände des äuſsern Sinnes betrifft, so sann ich alsbald auf Versuche, welche jene Zweifel heben könnten. Meine Vorrichtung war diese: Ich reinigte Quecksilber so viel, als es die Lehrbücher der praktischen Chemie angeben. Es hatte die Destillation, häufiges Durchpressen durch Leder, und Waschen mit Seifenwasser, Weinessig und Alkohol erlitten. Es hatte alle Kennzeichen, welche man von einem reinen, mit Blei, Zinn, Wismuth, Staub und Fett nicht vermengten Quecksilber angiebt. Es war vollkommen flüssig, lieſs sich in vollkommen runde Kügelchen zertheilen, ohne anzuhängen, oder Schmutz zurück zu lassen. Seine Oberfläche war spiegelhell, ohne Häut-

"achtet worden ist, wenn dabei keine solche Gleichheit, "auch in dieser Rücksicht gewesen ist, so kann ich immer "sagen, daſs eines von den beiden Metallstücken durch die "solchergestalt verschiedene Art der Applicirung über das an- "dere das Uebergewicht gehabt habe, wenn sie auch von "einerlei Art und im übrigen gleich waren. Vor allen Din- "gen muſs man jeden Stoſs vermeiden, der keinen geringen "Einfluſs haben und dem einen Metalle ein gröſseres "Vermögen, das elektrische Fluidum in Bewegung zu "setzen, ertheilen kann, wodurch es seinem Antagonisten "überlegen wird. Aber eben dieser Stoſs hat bei den, "in dem neuen Werke erwähnten Versuchen statt, wie "man aus den Figuren und der Beschreibung sehen "kann." Gren's Neues Journ. B. 2. H. 2. S. 159. (Note).

chen, oder eine Spur von farbigen Striemen. Kleine Quantitäten davon im Mörser mit Wasser gerieben, gaben dem Wasser keine Farbe. In Salpetersäure ohne merkliches Brausen aufgelöset, hinterliessen sie keinen schmutzigen Niederschlag. Ein grosser Theil dieses gereinigten Quecksilbers wurde in drei verschiedene porzellanene Schalen gegossen. Ich raisonnirte nemlich so: mit jeder Berührung der metallischen Oberfläche durch thierische Theile wird dieselbe nothwendig verunreinigt. Diese, auch noch so schwache, Verunreinigung könnte als eine Ursach der Heterogeneität angegeben werden, und in einer Schale konnte also nur ein Versuch, und zwar nur der erste, gültig seyn, um Herrn Volta's Zweifel zu heben.

Ich präparirte nun mehrere Froschschenkel dergestalt, dass der Cruralnerv und ein Bündel Wadenmuskel zu gleicher Länge herabhingen, wenn die Extremität in wagrechter Stellung lag. Eine Glasröhre *a b* (Fig. 16.) wurde über der Schale mit Quecksilber horizontal befestigt, und um dieselbe waren zwei seidene Fäden gewickelt, in denen der Schenkel *) schwebte, dergestalt, dass nach Willkühr der Nerv *m*, oder der Muskelbündel *n*, tiefer niedergesenkt werden konnte. Ich liess nun den ganzen Schenkel wagerecht, bis auf zwei Linien Entfernung, gegen die Schale herab, dann verlängerte ich blos den Faden *o*, so dass der Nerv die metallische Ober-

*) Es bedarf keiner Erinnerung, dass der Schenkel von Blut so gereinigt seyn muss, dass kein Tröpfchen desselben aufs Metall herabträufelt.

fläche berührte. Es entſtand keine Zuckung. Kaum kam aber auch *n*, durch die Verlängerung von *p* in Contact, ſo war die ganze Extremität convulſiviſch erſchüttert. Dieſer Verſuch wurde behutſam in den andern zwei Schalen wiederholt, und mit gleichem Erfolge. Es war beſonders auffallend, daſs die Muskelbewegung heftiger war, wenn erſt *n*, und dann *m*, als umgekehrt, das Queckſilber berührte. Die Berührung geſchah aber zu beiden Seiten blos in der Oberfläche; kein thieriſcher Theil wurde eingetaucht, und das Herabſenken geſchah ſo leiſe, daſs jener Verdacht des Stoſses, den Herrn Aldini's Verſuche mit Siphonen und herablaufendem Queckſilber billig erregten, hiebei ganz wegfiel. Ja! was noch mehr für meine Behauptung entſcheidet: ich legte einmal (bei einem ſehr lebhaften Individuum) zwei homogene Stücke feuchtes Muskelfleiſch in *r* und *s* auf das metalliſche Fluidum. Sie bildeten kleine Säulen von 1 — 1½ Linien Höhe. Indem nun der Schenkel ſich ihnen ſo näherte, daſs der Contact bei dem Nerv anfing, ſo war der Stimulus zu ſchwach, und es erfolgte keine ſichtbare Bewegung. Ward aber der, aus dem Waden herauspräparirte Muskelbündel zuerſt gegen *s* herabgeſenkt, und traf dann erſt *m* die Säule in *r*, ſo ward der Schenkel kräftig erſchüttert. Bedeckten hingegen in *r* und *s* zwei Streifen trocknes Papier das Queckſilber, ſo fehlten alle Galvaniſche Erſcheinungen, *m* und *n* mochten noch ſo heftig zum Contact niedergelaſſen werden. Wenn die thieriſchen Organe in unmittelbare Berührung mit dem Queckſilber treten, ſo gehört gar

kein hoher Grad der Empfänglichkeit dazu, um Reizungen zu erregen. Diefs beweifen meine vielfältigen Erfahrungen darüber, und das Zeugnifs mehrerer Perfonen, welchen ich diefe Verfuche zeigte. Wenn ich den Contact der muskulöfen Fibern dadurch vermehrte, dafs ich entweder *n* an dem untern Ende fehr breit präparirte, oder gar (Fig. 17.) den Schenkel bei den Zehen anfafste und den Cruralnerv fammt einem Theil der Lende einfenkte, fo mifsglückte mir der Verfuch bisher auch nicht ein einziges mal, ja ich konnte ihn meift 15 bis 18 Minuten lang fortfetzen. — Ich bitte nun einen jeden unparteiifchen Richter, zwifchen Herrn Volta und mir zu entfcheiden. Ich ging mit Mifstrauen an diefe Verfuche, weil es mir gewagt fchien, einen folchen Experimentator zu widerlegen. Aber wo bleibt hier der Verdacht der Heterogeneität des Metalls, des ungleichen Einfenkens, des ungleichen Stofses der Theile? Der Verfuch glückt mir immer fchon beim erften Einfenken, glückte in allen Puncten. Erlauben nun wohl die Regeln, nach denen wir bei andern phyfikalifchen Erfcheinungen fchliefsen, jedes chemifch gereinigte Queckfilber in allen Puncten für ungleichartig zu halten?

Ich füge zu diefen einfachen, wie mich dünkt, ftringent beweifenden Experimenten mit homogenen Metallen andere hinzu, welche verwickelter und eben darum weniger entfcheidend find. Ohne jene würde ich diefe weggelaffen haben; nach jenen aber dienen fie dazu, um zu zeigen, wie fich alles

auf ein allgemeines Gesetz reduciren läſst. — Der Cruralnerv einer Maus, die sehr lebhaft war, erregte heftige Zuckungen, wenn er mit einer isolirenden Pincette in die Höhe gehalten wurde, und dann sanft, etwa 3 Linien hoch, auf eine Zinkplatte herabfiel. *) Ich glaubte anfangs, die mechanische Erschütterung sey die Ursach davon. Ich belegte den Zink mit Glas oder Papier, ich warf den Nerv mit ziemlicher Kraft gegen Silber oder Blei, aber die Reizung erfolgte nicht. Eine ganz ähnliche Erscheinung bot mir der Nervus ischiadicus eines Frosches dar. Sie dauerte an 5 Minuten, und aus allen Gegenversuchen war nur zu schlieſsen, daſs der Nerv in mehrern Puncten berührt werde, und daſs zwischen diesen der homogene Zink gleichsam den Conductor machte, eben so, als wie bei heterogenen Metallen sich zwei an einem Nerven angebrachte Armaturen berühren. Im Jahr 1794 hatte ich vor Posen an einem kühlen, etwas feuchten Frühlingsmorgen, an dem alle Thiere sehr reizempfänglich zu seyn pflegen, eine Eidexe (Lacerta agilis) gefangen. Ich präparirte den Nervus radialis der vordern Extremität. Er lag auf Glas. Ich berührte nun den Muskel mit dem bloſsen, trock-

*) Dieser Versuch könnte den Zweifel erregen, ob nicht auf ähnliche Weise oben (Fig. 9.) durch die Erschütterung von M eine Leitung von einem Theile des Nerven in den andern entstanden sey, wodurch der Begriff von Reizung ohne Kette entfernt würde. Aber ich erinnere, daſs die Ursach der Reizung dort nicht Erschütterung war. Der Versuch gelang in Fig. 10. nie, wenn N mit Knochen, Stein oder andern nicht excitirenden Stoffen verwechselt ward.

nen Finger der rechten Hand, den Nerv aber mit einer ſilbernen Pincette, die ich in der linken hielt. *) Die Convulſionen waren heftig, beſonders wenn der Contact mit dem Finger am Muskel zuerſt geſchah. Eben dieſer Verſuch glückte mir in dieſem Jahre mehrmals an Fröſchen, und es war gleichgültig, ob ich die Pincette mit Zink, Blei, oder einer Goldmünze verwechſelte. Die Zuleitung ging dennoch (Fig. 18.) durch die thieriſchen Theile meiner Hand, vom rechten Arme in den linken, und von da, durch das Metall *r*, in den Nerv. Die Contractionen waren ſtark oder ſchwach, nach dem ſpecifiken Unterſchiede der Metalle, zum Beiſpiel bei Zink ſtärker, als bei Blei, oder Eiſen. Bei einer ſtark legirten Silbermünze, die ich auf den Schenkel legte, und mit dem reinen Silber *r* berührte, bemerkte ich aber keine Verſtärkung des Effects. Die homogene Armatur ſchien, bei dieſem Grade der Erregbarkeit, wie die heterogene zu wirken.

Eben ſo bemerkte ich mehrmals Contractionen, wenn (Fig. 19.) ein Nerv *m*, deſſen Reizempfänglichkeit durch alkaliſche Solutionen erhöht war, auf Zink *p* lag, und dieſer *p* in irgend einem Puncte durch ein Stück friſches Muskelfleiſch, oder einen getrennten Nerven *n*, mit dem Schenkel verbunden ward. Sie waren vollkommen ſo ſtark, als bei zwei Arma-

*) Einen ähnlichen Fall beobachtete Herr Gren in dem intereſſanten Aufſatze: Journ. der Phyſik B. 6. H. 3. S. 404. und Valli a. a. O. S. 176. Herr Pfaff hat daher unrecht, wenn er dieſe Erſcheinungen leugnet, a. a. O. S. 338.

Armaturen von Zink und Silber, verſchwanden aber augenblicklich, wenn *p* mit einem Goldſtücke verwechſelt, oder ſtatt *p* (Fig. 20.) zwei ſehr verſchieden legirte, auf einander liegende Silbermünzen *q* und *r* (zum Beiſpiel Conventionsgeld und preuſsiſche Groſchen) als Nervenbelegung genommen wurden. Dieſer letztere Umſtand, welchen ich dreimal an verſchiedenen Individuen beobachtete, ſcheint ſehr für die ſpecifike Wirkung homogener Metalle zu zeugen. In Bern ſecirte ich einen Froſch, deſſen Erregbarkeit durch kein chemiſches Mittel verändert war. Ich theilte den präparirten Cruralnerv in zwei Stücke, legte den noch in dem Muskel inſerirten *a* auf Zink, und berührte dann dieſen und den Zink mit dem getrennten Nervenſtück *b*. Wo ich *b* an das Metall herausſchob, und war es auch nur (Fig. 22.) in der Entfernung einer achttheil Linie von *a*, erfolgten die Galvaniſchen Erſcheinungen. Ja, im Fall von (Fig. 19.) kann das leitende Stück ganz entbehrt werden. Die Convulſion entſteht ſchon, indem man den Schenkel mit einer trockenen Glasröhre (Fig. 21.) in der Gegend von *c* an den Zink heran ſchiebt. Dann bildet *p* eben ſo, als das Queckſilber in Fig. 16. einen Bogen zwiſchen Nerv und Muskel. Dann frage ich mit Aldini: „*quod ſi arcum in ſuis variis* „*partibus ſcrutatus heterogeneum ſuſpiceris, quid cauſae* „*eſt, cur perpetua dubitatione heterogeneos accuſes reli*„*quos innumeros, quibus eadem excitari contractio pote*„*rat?*„

Ich ſchlieſse dieſen Abſchnitt über homogene Leitung mit einem Verſuche, welcher ungemein auf-

fallend ist. Ich hatte zwei Frösche, deren Schenkel mit Zink und Silber nur schwache Contractionen äufserten. Ich benetzte ihre Cruralnerven theils mit oleum tartari per deliquium, theils mit überfaurer Kochsalzfäure. Sie zuckten zu meiner Verwunderung gar nicht, wenn die Muskelarmatur von Silber die Nervenarmatur von Gold berührte. Ich zerbrach nun eine Stange wohlgereinigten Zink, legte den Nerv auf die eine Hälfte *p*, und verband durch die andere Hälfte den Schenkel und dies *p*. Es entstanden lebhafte Convulsionen im Augenblick des Contacts. Dieselbe Erscheinung zeigten drei Schenkel mehrere Minuten lang. Darf man wohl annehmen, dafs zwei Hälften einer Zinkstange heterogener als Gold und Silber sind?

Es giebt der Fälle so viele in der Physik und Chemie, wo Versuche gegen Versuche kämpfen, und wo der bedächtige, mit seinem Beifall nicht verschwenderische Zuschauer, doch unentschieden und misśmuthig den Kampfplatz verläfst. Die Gleichartigkeit der excitirenden Stoffe gehörte bisher zu diesen streitigen Objecten. Möchte ich mir mit der Gewifsheit schmeicheln dürfen, durch meine angeführten Beobachtungen auf reine Resultate geleitet zu haben. Ich sehe neuen Zweifeln auch über meine Experimente (selbst über das in F. 12. *a*) entgegen. Aber es scheint mir schon immer viel gewonnen zu seyn, die ältern entfernt zu haben. Mögen wir nur nie vergessen, dafs wir innerhalb der Grenzen menschlicher Wahrnehmung bleiben müssen; mögen wir nie die ungerechte Forderung an uns selbst hegen, eine meta-

physische Einerleiheit der Qualität apodiktisch erweisen zu sollen.

Vierter Abschnitt.

Zustand erhöhter Erregbarkeit — Leitung durch homogene Excitatoren in fünf verschiedenen Fällen. — Zustand minderer Reizempfänglichkeit der Organe — Heterogene Armaturen, welche sich unmittelbar, oder durch excitirende Zwischenglieder berühren — Kette von homogenen Nerv- und Muskelarmaturen, zwischen denen ein heterogenes Metall liegt, dessen eine Fläche mit einer verdampfenden Flüssigkeit belegt ist — Hauchversuch — Erweis, dass thierische Stoffe aus der Entfernung wirken — Unsichtbare leitende Atmosphäre — Ihre Grenzen werden durch die Lebenskraft bestimmt.

I. Wenn heterogene Metalle, oder kohlenstoffhaltige Substanzen im Zustand der erhöhten Erregbarkeit, Galvanische Erscheinungen hervorbringen sollen, so ist es hinlänglich, dass in der langen Kette leitender Körper zwischen der sensiblen und irritablen Fiber irgendwo zwei ungleichartige Excitatoren vorkommen. Ich sage mit Bedacht: irgendwo; denn zahllose Experimente, oft selbst an wenig lebhaften Ratten, Vögeln, Fröschen und Eidexen haben mich belehrt, dass die Reizung erfolgt, die silberne Pincette *s* (Fig. 8.) mag den Zink unmittelbar berühren, oder es mag (Fig. 1.) zwischen dem Nerv und Muskelreizer noch eine feuchte, leitende Substanz *a* liegen. Ja, ich habe bei einigen Individuen die

Zuckungen, im letztern Fall, bisweilen nicht eher erfolgen fehen, als bis die Reizempfänglichkeit durch alkalifche Solutionen erhöht war. Die Kette Fig. 1. war alfo bei natürlich hoher oder künftlich erhöhter Erregbarkeit conftant pofitiv. *)

Ich erftaune, dafs den Herren Volta, **) Fowler, ***) Valli †) und Schmuk ††) diefe Beobachtungen entgingen; noch mehr darüber, dafs Herr Pfaff den grofsen Bologner Entdecker gar eines Irrthums öffentlich zeiht, weil diefer fah, was jenem entging.

„Meinen wiederholten Erfahrungen nach, „fagt Herr Pfaff ausdrücklich, †††) „kann ich Galva-„ni's Behauptung, wie wenn eine Leitung von der „Muskelarmatur zur Nervenarmatur durch frifche „thierifche Theile Zuckungen zu erregen im Stande „wäre, als Irrthum erklären. Unmittelbare Berüh-

*) Dahin gehört die Beobachtung, welche Herr Galvani gleich in den erften Tagen nach der bekannten Entdeckung am Gartengeländer anftellte. "Während dafs "er mit einer Hand das präparirte Thier an dem Haken "fo hielt, dafs es mit den Füfsen den Boden eines klei-"nen filbernen Beckens berührte, kam er mit der andern "Hand auf die Fläche, worauf die Füfse des Thieres lagen, "ohne darauf Acht zu geben; es entftanden heftige "Zuckungen, die fich erneuerten, fo oft er diefelben "Bewegungen machte." Gren's Journ. B. 6. H. 3. S. 378.

**) Schriften über thierifche Electricität S. 11.

***) *Experiments* a. a. O. S. 4.

†) a. a. O. S. 48.

††) Beiträge zur nähern Kenntnifs der thierifchen Elektricität. Manheim 1792. S. 43.

†††) a. a. O. S. 55. und 207.

„rung der Armaturen unter einander, oder Verbin„dung durch einen Excitator wird zur Erregung „der Erſcheinungen nothwendig erfordert. Verbin„dung derſelben durch bloſse Conductoren der thie„riſchen Elektricität ſchlieſst dieſelbe aus.„ Dieſe Behauptung iſt ſo grundlos, daſs es mir einmal bei einem ſehr lebhaften Froſche glückte, in Fig. 1. das Muſkelfleiſch *a* über $\frac{5}{4}$ Zoll hoch aufzuthürmen und doch Contractionen zu erregen, indem die Pincette dieſen Haufen berührte. Eine Subſtanz kann daher ein wirkſames Zwiſchenglied zwiſchen dem Nerv und Muſkelreizer ſeyn, ohne für ſich in die Claſſe der ſogenannten Excitatoren zu gehören. Mangelhaft abgeänderte Verſuche haben daher Herrn Pfaff zu einem unrichtigen Kriterium verführt, wenn er ſagt: „es iſt ein leichtes und ſicheres Mittel, „zu erfahren, ob ein Körper ſich als Excitator für „die thieriſche Elektricität verhalte, oder nicht, wenn „man beobachtet, ob er bei der Anwendung einer „wirkſamen Muſkulararmatur lebhafte Zuckungen als „Verbindungsglied zwiſchen dieſer und der Nerven„armatur erregen wird.„ Es iſt mir nie geglückt, in Fig. 3, bei den erregbarſten Organen, mit naſſem Tuche wirkſam zu reizen; aber ich habe oft in Fig. 1. das *a* mit naſſem Tuche, Zwirne und Leder vertauſcht, ohne die Galvaniſchen Erſcheinungen auszuſchlieſsen! Nimmt man hingegen alle feuchte Stoffe, ſammt den Metallen als Excitatoren an, ſo bedarf es keines Mittels, dieſe von den Leitern zu unterſcheiden.

Die Contractionen erfolgen demnach im Zuſtande groſser Reizempfänglichkeit:

wenn heterogene Metalle Nerv und Muskel bewaffnen, und fich unmittelbar, oder mittels eines feuchten leitenden Körpers berühren;

wenn homogene Metalle am Nerv und Muskel liegen, beide aber durch ein heterogenes Metall verbunden find; wenn (Fig. 23.) homogene Metalle *a* und *b* den Nerv und Muskel bewaffnen, beide aber mittels zweier feuchten Subftanzen *c* und *d* mit einem heterogenen Metalle *e* verbunden find;

wenn in der Kette (Fig. 24.) zwifchen Nerv und Muskel mehrere Metalle *a*, *c*, *e*, *g*, *k*, mit Stücken Muskelfleifch *b*, *d*, *f*, *h*, abwechfeln und unter allen Metallen nur ein homogenes *e* ift;

wenn in allen genannten Fällen Nerv und Muskel nur mittels einer feuchten leitenden Subftanz mit der Armatur in Verbindung find.

Die Aufzählung diefer fünf Hauptfälle, welche nach den Regeln der Combination noch mannigfaltig abgeändert werden könnten, gründet fich auf eine Reihe forgfältig angeftellter Verfuche. Ich hatte bei meinem erften Aufenthalte zu Bern das Vergnügen, die meiften derfelben dem fcharffinnigen Phyfiker, Herrn Tralles zu zeigen, und ihn von den Widerfprüchen zu überführen, welche zwifchen diefen Erfahrungen und der Theorie vom zerftörten elektrifchen Gleichgewichte obwalten. Der dritte

Fall Fig. 23, wo das einzige heterogene Metall mit zwei gleichartigen thierischen Stoffen auf beiden Flächen belegt ist, war der genauesten Ausmittelung werth, da er nach der Voltaischen Hypothese schlechterdings keine Contractionen erregen sollte. Ich habe ihn aber mehrmals bei sehr lebhaften Individuen, im November des verflossenen Jahres, als positiv erfunden. Die Nervenarmatur *a* war Silber, eben so die Pincette *b*. Die Stücke *d* und *c* waren Hälften einer gewiss homogenen Froschleber. Die Zuckungen erfolgten, ohne dass das Zinkplättchen *e* weder mit *a*, noch *b* in Contact trat. Noch mehr! Ich wollte meinem Freunde, Herrn Freiesleben dieses Cardinalexperiment zeigen. Der Schenkel war lebhaft genug, um gereizt zu werden, als *b* das Gold *e* unmittelbar berührte, aber nicht als zwischen *e* und die Muskelarmatur noch der leitende Körper *d* trat. Ich vermehrte nun die Erregbarkeit des Organs, und benetzte den Nerv mit einigen Tropfen Oleum tartari per deliquium. In wenigen Secunden äusserte sich der Stimulus in sichtbaren Muskularbewegungen. Ich träufelte etwas Salzsäure auf die sensible Fiber, das Alkali wurde gebunden, die Erregbarkeit war herabgestimmt, und nun — nun traten die Galvanischen Erscheinungen nur unter der Bedingung ein, dass *b* und *e* sich ohne Zwischenmittel berührten!

So hängt im wandelbaren thierischen Stoffe alles von der Erregbarkeit der Fiber ab. Ein Stimulus zaubert gleichsam die mannigfaltigsten Erscheinungen hervor. Was uns heute erschüttert, lässt

uns morgen unerregt. Hüten wir uns daher, aus nicht erfolgter Reizung auf die Abwesenheit des Reizes zu schliessen. Dürfen wir glauben, dass der Alkor bei der Helle des Tages weniger Licht auf unsern Erdball sende, als im Dunkel der Nacht, weil unser Auge in dieser des Eindrucks empfänglicher, als in jener ist?

II. Wenn sich die belebten Organe im Zustande minderer, wenigstens nicht erhöhter Erregbarkeit befinden, so erfordern sie einen heftigen Reiz, um Muskularbewegungen zu zeigen. Alle vorgenannte Fälle, in denen blos thierische Stoffe, oder homogene Metalle, oder heterogene ohne Kette applicirt werden, schliessen dieselben aus. Die Galvanischen Erscheinungen erfolgen dann nur unter den zwei Hauptbedingungen, dass 1) heterogene Muskel- und Nervenarmaturen sich unmittelbar, oder durch excitirende Zwischenglieder berühren, und 2) dass homogene Muskel- und Nervenreizer mittels eines heterogenen Metalls verbunden sind, dessen eine Fläche nur mit einer verdampfenden Flüssigkeit belegt ist. Die erste Bedingung ist Fig. 8. dargestellt, und hier der einfachste und am frühesten beobachtete Fall. Herr Galvani steckte metallene Haken in die Spina dorsi der Thiere, und drückte sie entweder gegen metallene Flächen, oder verband den Haken mittels metallener Bogen mit den Extremitäten, die er reizen wollte. Herr Creve umwickelte den Nerv mit Stanniol und bewegte ihn nun dergestalt auf einer Silbermünze, dass

auch diefe den Nerven mit berührte. *) Herr Achard, **) der die mannigfaltigften Verfuche über den Galvanismus anftellte, welche leider! (fo wie die der Herren Sömmering, Blumenbach, Herz, Kielmeyer und Ash) dem Publicum noch nicht öffentlich mitgetheilt worden find, Herr Achard bediente fich dünner, filberner Pincetten und Metallplättchen von 4 — 6 Quadratzollen, welche auf Glas liegen. Sein Apparat ift auch zu den Voltaifchen Zungenverfuchen fehr bequem, und die Pincetten gewinnen dadurch, dafs man ihren einen Schenkel in eine breitgedrückte Kugel endigen läfst, um dem Muskel mehr Fläche darzubieten. Herr Volta zeigte mir Galvanifche Stangenzirkel von einer merkwürdigen Conftruction. Der eine Fufs war von Silber und feft, der andere beweglich, fo dafs er herausgenommen und Metallplättchen an feine Stelle eingefchroben werden konnten. Er bildete gleichfam einen Entlader, deffen eines Ende aus Silber, das andere willkürlich bald aus diefem, bald aus jenem Metalle beftand. Alle diefe Vorrichtungen unterfcheiden fich nur dadurch von ein-

*) Diefe Mitberührung ift wefentlich nothwendig, und die Crevifche Applicationsmethode daher unrichtig befchrieben in Gren's Journ. B. 7. S. 323.

**) Diefer genievolle, oft verkannte Phyfiker, welcher ein Priftleyfches Talent im Erfinnen von Experimenten befitzt, hat die reinften Metallkönige bereitet, mit welchen je galvanifirt worden ift. Von ihm find daher auch über relative Excitationskraft der Metalle die einzigen genauen Verfuche zu erwarten. Er hat der königlichen Akademie der Wiffenfchaften zu Berlin mehrere Abhandlungen über diefen wichtigen Gegenftand im Jahr 1793. vorgelegt.

ander, daſs Muskel- und Nervenarmatur in einigen feſt mit einander verbunden ſind, in andern auf einander bewegt werden können. Sie reduciren ſich indeſs alle auf das durch Fig. 8. ausgedrückte Geſetz.

Die Muskularbewegungen erfolgen nicht minder, wenn *r*, *u*, *t* ſich nicht unmittelbar berühren, ſondern durch andere excitirende Stoffe, Gold, Blei und Eiſen verbunden ſind. Wie es aber im Zuſtande der erhöhten Reizbarkeit zur Erregung der Contractionen gar nicht erforderlich iſt, daſs in der Kette zwiſchen den irritablen und ſenſiblen Organen zwei excitirende Subſtanzen in unmittelbarer Berührung mit einander ſind, ſo iſt es bei minderer Reizempfänglichkeit nothwendig, daſs dieſe Bedingung erfüllt werde. Ich habe mehrmals beobachtet, daſs, (Fig. 25.) wenn das Muskelfleiſch *b* auf dem Zinke *a* lag, der Contact der ſilbernen Pincette *k* mit *b* keine Reizung hervorbrachte. Kaum legte ich auf *b* noch ein Metallplättchen *c* (ſey es Silber, Gold, oder Blei) und berührte dies mittels *k*, ſo waren alle Galvaniſche Erſcheinungen hervorgerufen. Eben dieſes bemerkte ich in dem zuſammengeſetztern Falle Fig. 26. Der Nerv war mit Zink *a*, der Muskel mit Silber *e* armirt. Auf *a* legte ich mit abwechſelnden Schichten Gold *a* und Muskelfleiſch *b* und *d*, auf *e* eben ſo das Metall *g* und die feuchten Theile *f* und *p*. Die ſilberne Pincette *k* verband nun *d* und *h*, — aber ohne Erfolg. Das Galvaniſiren glückte nicht eher, als bis auf *d*, oder *h* (Fig. 27.) noch ein Metallplättchen *m* ruhte, und dies *m* mit *k* in Contact trat.

Die unmittelbare Berührung zweier Metalle muſs aber heterogene, nicht homogene, Metalle treffen. Ich habe zum Beiſpiel häufig Zuckungen erregt, wenn in Fig. 25. *a* und *e* von Gold, *k* aber von Silber war. Legte ich hingegen (Fig. 28.) dies Goldſtück *c* unter *b*, ſo daſs Gold auf Gold ruhte, ſo blieben die Contractionen aus. Man glaube nicht, daſs dieſes Ausbleiben dann davon herrühre, daſs bei ſolcher Application der Excitatoren *a* und *c* nicht erſchüttert werden, indem ſich die Kette *a*, *c*, *b*, *k*, *l* ſchlieſst. Zwar habe ich es durch mannigfaltige Verſuche beſtätigt gefunden, daſs bei ſehr matten Thieren, im Zuſtande der deprimirten Lebenskraft, Erſchütterung der Metalle allerdings wirkſam iſt. Dieſe Urſach tritt aber hier nicht ein. Denn die Reizung entſtand ſogleich, als ich ſtatt *c* eine Silbermünze auf *a* legte. Iſt aber, wie vorhin, *c* und *a* Gold, ſo ſind beide Metalle wegen des Contacts als ein einziger zu betrachten, und der Fall Fig. 28. reducirt ſich auf den Fig. 1., der nur bei hoher Reizempfänglichkeit poſitiv iſt.

In abwechſelnden Ketten von Excitatoren und bloſsen Leitern erfolgen demnach im Zuſtande minderer Erregbarkeit der Organe, die Contractionen, wenn eines der metalliſchen Zwiſchenglieder nur auf einer Fläche mit einem Leiter in Berührung iſt. Nach dieſem untrüglichen Geſetze iſt in verwickelten Fällen, wie Fig. 24. 26. 27. und 28. der Erfolg, das Gelingen und Nichtgelingen des Verſuchs, ſicher vorher zu beſtimmen.

Ueberaus merkwürdig ist der Umstand, daſs wenn die Nerven- und Muskelarmatur ſich mittels anderer Metalle berühren, die Stärke der Contractionen von dem Verhältniſſe der Excitatoren abzuhängen ſcheint, welche den thieriſchen am nächſten ſind. Armaturen von Gold und Silber wirken ſehr ſchwach, Gold und Eiſen hingegen bringen lebhafte Bewegungen hervor.

Ich hatte (Fig. 29.) den Nerv auf Gold *g* gelegt, welches mit Silber *s* in Contact war. Verband ich den Schenkelmuskel durch Eiſen *e* mit *s*, ſo war die Reizung eben ſo heftig, als wenn *e* das Gold unmittelbar traf. An einem andern Schenkel war die Erregbarkeit ſo gering, daſs ſelbſt Gold und Eiſen ſehr ſchwach, Gold und Zink aber noch lebhaft ſtimulirten. Bei der Application (Fig. 30. und Fig. 31.) waren dieſelben Metalle, Gold *g*, Zink *z* und Eiſen *e* als Kettenglieder zwiſchen Muskel und Nerv, aber nur in Fig. 30. traten die Galvaniſchen Erſcheinungen ein.

Ich war mit dieſen Verſuchen (welche ich zuerſt bei meinem Aufenthalt in Jena gemeinſchaftlich mit Herrn von Göthe und meinem ältern Bruder anſtellte) lebhaft beſchäftigt, als ein Zufall mich auf eine merkwürdige Entdeckung leitete. Ich hatte (Fig. 32.) einen wenig lebhaften Froſchſchenkel vor mir auf einer Glasplatte liegen. Er zeigte mit homogener Nerv- und Muskelarmatur von Gold keine Contraction. Sie blieb ebenfalls aus, als die Zinkplatte *z* zwiſchen *g* und *g* lag. Ich wollte den Contact von *z* und *g* vergröſsern, *z* inniger andrücken,

und bog mich deshalb mit dem Gesichte und Munde über den Apparat hinüber. Indem ich diese Beugung meines Körpers vornahm, verband ich mit der linken Hand *z* und den Muskel mittels des goldenen Leiters *g*. Ich erstaunte, als ich den vorher so ungereizten Schenkel convulsivisch von der Armatur herabfliegen sah. — Ich vermuthete bald, dass diese plötzliche Wirkung vom Zinke herrühre, ich fiel darauf, dass die Nähe meines Mundes dem Zinke die excitirende Eigenschaft ertheilt habe. Ich verwechselte *z* mit einer neuen trocknen Platte, und in weniger als zehn Minuten war die wesentliche Bedingung dieser Erscheinung ergründet. Diese Bedingung ist nemlich die:

> dass, noch im Zustande minderer Erregbarkeit der organischen Theile, Contractionen bei homogener Nerven- und Muskelarmatur entstehen, wenn dieselben durch andere Excitatoren verkettet sind, unter denen sich ein heterogener befindet, dessen eine Fläche mit einer verdampfenden Flüssigkeit belegt ist. *)

*) Ich beobachtete diese Erscheinung zuerst im Monat April 1795. Sie überraschte mich so sehr, dass ich dieselbe wenige Wochen nachher den Herren Hofräthen Sömmering, Blumenbach, Herz und dem Herrrn Geheimenrathe von Göthe, meldete. In allen bis dahin erschienenen Schriften über den Galvanismus fand ich keinen Versuch, der auch nur eine entfernte Aehnlichkeit mit meiner Entdeckung hatte; kaum aber fiel mir die zur Ostermesse erschienene treffliche Schrift des Herrn D. Pfaff in die Hände, so stiess ich darin auf Erfahrungen,

Die Excitationskraft dieses einen Metalls verschwindet aber sogleich, als entweder diese Belegung auf der einen Fläche abgewischt oder als eine Belegung auf beiden Flächen applicirt wird!

Unter allen physikalischen Versuchen, welche ich je die Freude hatte, in Gegenwart anderer Naturforscher anzustellen, habe ich keinen gefunden, welche den meinigen sehr analog sind. Von einer Belegung mit Hauch oder verdampfenden Flüssigkeiten auf einer Fläche ist zwar darin nirgends die Rede, der scharfsinnige Verfasser reducirt alle seine Beobachtungen auf den Begriff einer mittelbaren Nervenarmatur durch Schwammstreifen: indess halte ich es doch für Pflicht (wie ich auch schon an einem andern Orte in Grens Neuem Journ. B. 2. H. 2. S. 227. gethan) um jedem Verdachte der Anmassung zu entgehen, folgende vier Stellen hier anzuführen. S. 17. "Der Zink zeigte sich schon als Duplicator, wenn er "blos auf die Zinnarmatur gelegt und nur mit dem nas-"sen Finger berührt wurde, während der Silberexcita-"tor in der andern Hand die Muskel- und Zinnarmatur "berührte. S. 174. Da sich keine Zuckungen zeigten, "wenn die Goldunterlage der Muskeln durch Zinn mit "der Goldarmatur des Nerven verbunden wurde, ent-"standen dieselben sogleich lebhaft, wenn nun dieses "Zinn mit der Goldunterlage der Muskeln durch ein "blosses Schwammstück in Verbindung gesetzt wurde. "S. 368. Wenn die Nervenarmatur von Zink mit der "Muskelarmatur von Zink durch Silber verbunden ist, "und keine Zuckung hervorbringt, so entstehen sie "sogleich lebhaft, wenn ein nasses Schwammstück auf "die Nervenarmatur und das andere Metall, das da-"mit in Verbindung steht (also auf Zink und Silber) "gelegt wird, und nun der, die Muskeln bewaffnende "Excitator von Zink, das, mit der Nervenarmatur "in Verbindung stehende Silber berührt. S. 369. Durch "den Beitritt der Feuchtigkeit wird der elektrische Pro-"cess vermittelst dieser günstig mit einander wirkenden "Armaturen sogleich wieder rege."

der wegen feiner unendlichen Feinheit fo in Erftaunen fetzt, als diefe Belegung mit Hauche. Die Kette trockner Metalle, als Gold, Zink und Gold bringt keine Reizung hervor. Man behauche leife die eine untere, oder obere Fläche von *z*, man laffe das gasförmige Waffer, welches wir mit der kohlengefäuerten Stickluft ausathmen, diefe eine Fläche überziehen, fo wird der Muskel convulfivifch erfchüttert, gleich viel, ob der Muskelreizer die feuchte, oder trockne Seite von *z* berührt. Man wifche den Hauch mit einem wollenen Tuche ab, fo verfchwindet die Bewegung von neuem. Das Experiment fieht einem Zauber ähnlich, indem man bald — Leben einhaucht, bald den belebenden Odem zurücknimmt! Man weifs aus Erfahrung, dafs ein frifch getödteter Stier, trotz feines ungeheuern Gewichts, wenn er gehörig galvanifirt wird, zur Bewegung des Auffstehens ftimulirt werden kann. Von einem blofsen Hauche, von ein wenig Wafferdampfe, hängt es daher ab, ob ein Paar hundert Pfund organifcher Maffe bewegt werden oder in Ruhe bleiben follen.

Der Verfuch Fig. 32. glückt ebenfalls, wenn die Muskel- und Nervenarmatur von Zink, das behauchte Zwifchenglied aber von Gold ift. Noch auffallender ift die Wirkung in einem zufammengefetztern Falle. Ein matter Frofchnerv war, wie gewöhnlich, (Fig. 33.) mit Zink *z* armirt. Lag die Glasplatte *a* auf *z*, und wurde diefe durch Muskelfleifch *m* mit der Muskelbelegung von Silber *s* berührt, fo war die Contraction augenblicklich da. Der Fall war dem Fig. 28. analog. Legte ich aber das Muskelfleifch *m* zwifchen

Zink und Gold, und berührte *a* unmittelbar mit *s*, wie in Fig. 25., fo blieben alle Galvanifche Erfcheinungen augenblicklich aus. Die Circulation des reizenden Fluidums fchien durch *m* gehindert zu feyn, und die geringe Erregbarkeit des Thieres erforderte, ftatt *m*, einen beffern metallifchen Leiter. Ich liefs indefs die Kette in ihrer vorigen Folge *z*, *m*, *a*, und legte auf *a* die Zinkplatte *z*. Diefe, mit der Muskelbelegung berührt, befand fich wieder im Contacte mit zwei Metallen. Der Schenkel blieb in Ruhe. Nun wurde der obere Zink, auf der obern Fläche, leife behaucht, und mit dem Hauche trat die Muskularbewegung augenblicklich ein. Der Hauch wurde abgewifcht, und die vorige Ruhe trat wieder ein; *m* ift in diefer Kette alfo nur fo lange hinderlich, bis eine Zinkplatte dazwifchen tritt, deren eine Fläche mit einer verdampfenden Flüffigkeit belegt ift. Auch werden die Galvanifchen Erfcheinungen nicht unterbrochen, wenn auf dem behauchten Zinke (Fig. 34.) noch einmal Metall *r*, und darauf Muskelfleifch *n* liegt.

Durch eine Reihe von Verfuchen diefer Art, mit deren Erzählung ich diefe einförmige Schrift nicht noch langweiliger machen will, habe ich gefunden, dafs zwar jede Flüffigkeit, jeder feuchte Körper im Contacte mit einer Metallfläche den Stimulus hervorlockt, dafs aber der Stimulus felbft um fo heftiger wirkt; je leichter und fchneller das angewandte Fluidum verdampft. Diefe Erfcheinung, diefer fchnelle Uebergang aus dem tropfbar flüffigen Zuftande in den gasförmigen, ift unendlich wichtig für die Theorie

des

des Galvanismus. Ich werde das Factum daher hier so genau als möglich entwickeln. Man bringe mittels einer metallenen Spitze zwei sehr convex stehende Wassertropfen auf den Zink Fig. 35, so werden die Contractionen erfolgen, und ausbleiben, je nachdem die Muskelarmatur den Tropfen *a* selbst, oder den trocknen Zwischenraum *b* berührt. Eben dies erfolgt, wenn man Blut, Milch, Weingeist, Oleum tartari, Salpetersäure, statt des Wassers, auftröpfelt. Doch habe ich bei sehr matten Thieren (und nur diese entscheiden hier) beobachtet, dass die Belegung mit Hauch heftigere Zuckungen erregt, als alle genannte Flüssigkeiten, dass Milch schwächer wirkt als Blut, Blut stärker als Wasser. Der letztere Umstand liess mich auf einige Augenblicke vermuthen, dass die thierischen Stoffe, als solche, einen Vorzug vor den unbelebten hätten. Gegenversuche lehrten mich aber bald, dass dieser Vorzug nur auf ihrer Fähigkeit zu dampfen, gasförmige Flüssigkeiten bei jeder äussern Temperatur auszudünsten beruhet. Ich träufelte Wasser und schwefelgesäuerten Alkohol in zwei abgesonderten Tropfen neben einander auf Zink und bemerkte bei mehreren sehr unreizbaren Thieren (Fröschen, zwei Eidexen und einem Wassermolch, L a c e r t a l a c u s t r i s), dass bei Berührung der N a p h t a V i t r i o l i stärkere Muskularbewegungen, als bei Berührung des Wassers erfolgten. Ich ging auf diesem Wege noch weiter. Ich tröpfelte siedendheisses Wasser und kaltes, (bis auf 0 Grad Reaum. erkältetes) auf Zink und das Uebergewicht des erstern war eben so bemerkbar. Am lebhaftesten er-

folgte die Reizung, wenn ich *z* allein, nicht *g* am Feuer erhitzte, und nun Waſſer, beſonders aber Vitrioläther darauf goſs. Wurde das heiſse Metall behaucht, ſo war die Contraction im erſten Augenblicke ſehr heftig, nach einigen Secunden aber, da die Wärme die Feuchtigkeit von ſelbſt verjagte, blieb ſie aus, ohne daſs der Zink des Abwiſchens bedurfte.

Wenn ich ſtatt des Hauches oder der tropfbaren Flüſſigkeiten (Fig. 36.) 3 bis 4 Kubiklinien friſches Muskelfleiſch *m* auf *z* legte, ſo bemerkte ich die Zuckungen, nicht blos bei der unmittelbaren Berührung von *m*, ſondern auch indem ich mit dem goldenen Leiter *g* ein $\frac{5}{4}$ Pariſer Linien von *m* entfernt blieb. Ich fiel natürlich auf den Gedanken, daſs das Muskelfleiſch rund um ſich her, und alſo auch bis *x* Lymphe verbreite, und *g* von *m* entfernt, doch eine feuchte Stelle treffe. Ich nahm daher (es war in den erſten Tagen des Decembers 1795.) eine neue Zinkplatte, trocknete ſie erwärmt ab, und legte das Muskelfleiſch darauf. Der Muskelleiter *g* ſtand ſchon mit dem einen Ende auf dem Schenkel aufgeſetzt, mit dem andern war ich im Begriff *m* zu berühren — die Contraction erfolgte aber, indem ich noch an $\frac{3}{4}$ Linien davon entfernt blieb. *) Ich erſtaunte über eine ſo unerwartete Erſcheinung. Ich glaubte aus Unvorſicht, ohne es zu wiſſen, eine Muskelfaſer von *m* berührt zu haben. Ich wiederholte den Ver-

*) Die Figur 36. drückt auch dieſen Fall aus, daſs aber von den drei gezeichneten Bogen, nie zwei zugleich gebraucht wurden, bedarf wohl keiner Erinnerung, ſo wenig als in Fig. 8. 29. und 35.

fuch, blieb über eine volle Parifer Linie von *m* entfernt, aber die Convulfionen des Thieres waren lebhaft, wenn nur das eine Ende von *g* den Frofchfchenkel unmittelbar berührte. Ich hatte damals die Entdeckung fchon gemacht, Reizung bei homogenen Metallen ohne kettenförmige Verbindung der Excitatoren Fig. 9, hervorzubringen. Ich glaubte, die vorliegende Erfcheinung möchte fich auf jene, und zwar auf den bis dahin für negativ angenommenen Fall Fig. 12. *b* reduciren laffen. Ich berührte daher (Fig. 36.) blofs den Frofchfchenkel mit der Muskelarmatur *g*, ohne diefelbe, mit dem andern Ende *v*, dem auf *z* liegenden feuchten Leiter auch nur auf einen Zoll weit zu nähern. Aber bei diefer Application der Excitatoren blieb jegliche Contraction aus. Diefes Ausbleiben lehrte mich, dafs aus *m* oder *v* etwas gasförmiges ausftrömen müfste, welches gleichfam zum Zwifchengliede zwifchen *v* und *m* diente und die Kette herftellte. Ich liefs, um diefs zu ergründen, durch eine dritte Perfon, eine dünne Glasfcheibe dergeftalt zwifchen das Muskelftück und Metall halten, dafs fie keines von beiden berührte. Der Strohm fchien augenblicklich gehemmt, denn nun war das Galvanifiren unwirkfam. Es glückte aber mit Hinwegnahme der Glasplatte wieder. Während diefer Experimente, welche ich mit aller Sorgfalt anftellte, deren ich fähig bin, vergingen wohl 10 bis 12 Minuten. Ich bemerkte, dafs ich mich, je länger ich die Beobachtung wiederholte, je häufigere Contractionen ich erregte, defto mehr mit dem metallifchen Ende *v* dem Muskelftücke *m* nähern mufste. In

der Entfernung von $\frac{1}{4}$ oder einer Pariser Linie war nun kein Stimulus mehr vorhanden. Bei $\frac{1}{2}$ Linie und noch geringerem Abstande wirkte derselbe heftig.

Alle diese Erscheinungen sind den Erfahrungen anderer Physiker so heterogen, zeigen eine so neue, unerwartete Eigenschaft der thierischen Materie, daſs ich es für Pflicht halte, sie näher zu entwickeln. Keine Materie wirkt da, wo sie nicht ist. Das Muskelfleisch bildet also gleichsam eine Atmosphäre, einen leitenden Wirkungskreis um sich. Sollte die organisirte Materie, dachte ich, Lymphe in gasartigem Zustande aushauchen, gleichsam ein Gewölk, einen Dunst von Lymphe um sich bilden? Ich kehrte zum siedendheiſsen Waſſer, zum Aether auf erhitzten Zinkplatten zurück. Ich raisonnirte so: ist ausströmender Dampf die Ursach der Leitung, nimmt bei der thierischen Materie dieser Ausdünstungsprocess vielleicht mit der schwindenden Lebenskraft ab, so wird eine Linie weit über dem Aether, über dem siedenden Waſſer der Metallbogen, wie über dem Muskelfleisch, reizend wirken. Mein Raisonnement gehörte zu den Anticipationibus mentis, welche seit des weisen Baco Zeiten eben nicht in gutem Rufe stehen. Der Gegenversuch miſslang, und die Muskularbewegung erschien nie anders, als wenn *v* die tropfbarflüſsige Fläche des Waſſers, oder Aethers (oder das mit Blut benetzte Tuch) unmittelbar berührte. Ich kehrte also zu den thierischen Stoffen selbst zurück. Das vorige Muskelstück *m* war noch so wirksam, daſs der Versuch auf $\frac{1}{2}$ Linie weit

glückte. Um zu unterſuchen, ob die Reizempfänglichkeit des Thieres ſelbſt Einfluſs auf das Gelingen oder Nichtgelingen habe, ſetzte ich den Apparat wie Fig. 36. zuſammen, legte aber einen friſchern Froſchnerven auf den Zink. Die Contractionen wurden an ſich zwar heftiger, aber der Wirkungskreis von *m* war nicht erweitert. Der Muskelleiter *g* muſste ſich wenigſtens noch auf eine halbe Linie nahen. Nach 6 bis 8 Minuten war endlich jeder Abſtand noch zu groſs. Die Atmoſphäre von *m* ſchien ganz verſchwunden, und die Galvaniſchen Erſcheinungen ſtellten ſich nur bei der unmittelbaren Berührung von *m* ſelbſt ein.

Ich trennte nun von eben dem Froſchſchenkel, welcher *m* hergegeben hatte, neue Stücke Muskelfleiſch. Sie wurden auf *z* gelegt, aber alle ohne Erfolg, ohne Wirkung in die Ferne. Erſtaunt über dieſes Miſslingen, ſuchte ich die Urſach davon in der Friſchheit der Theile. Ich ſecirte daher ſogleich einen neuen ſehr lebhaften Waſſerfroſch, verſuchte faſt jeden Theil ſeines Muskelfleiſches — aber immer vergebens. Eben ſo ging es in den folgenden drei oder vier Tagen. Hätte ich die oben erzählten Verſuche nicht mit ſo vieler Sorgfalt angeſtellt, nicht ſo lange Zeit fortgeſetzt, ſo wäre ich faſt geneigt geweſen, den Verdacht der Täuſchung gegen mich ſelbſt zu erregen. Mehrere Wochen nachher, am Ende des Jenners 1796. ward ich aber, beim Experimentiren, aufs angenehmſte überraſcht, und von der Richtigkeit meiner Beobachtungen überführt. Der Nervus cruralis eines ziemlich lebhaften, aus

dem Winterschlaf durch Stubenwärme erweckten Frosches lag auf Zink und auf diesem ein Stück frisches Muskelfleisch *n* von eben dem Individuum (Fig. 37.). Ich wollte den Versuch (Fig. 1.), in welchem Muskel- und Nervenarmatur durch einen thierischen Leiter verbunden sind, wiederholen. Die Contractionen entstanden aber schon, als der Excitator von Silber *a* mit dem einen Schenkel auf $\frac{5}{4}$ Linien von *n* entfernt blieb. Das obige Experiment mit der Glastafel wurde wiederholt. Sie hinderte das Durchströhmen vollkommen. Ja! es war herrlich zu sehen, wie man mit jeder Minute *a* dem feuchten Leiter näher bringen musste, um einen Stimulus hervorzulocken. Man denke sich um den Bündel Muskelfasern *n* in einer Entfernung von $\frac{5}{4}$ Linie, einen punktirten Ring *pq*, so drückt derselbe gleichsam die Grenze des Wirkungskreises aus, welchen die thierische Materie um sich verbreitet. Diese leitende Atmosphäre nimmt aber, wie die Erfahrung gelehrt, allmählig ab, wird bald auf *rs*, und noch näher eingeschränkt. Ich applicirte diess *n* (wie *m* in Fig. 36.) als Glied zwischen Gold, Zink und Gold, und die Wirkung blieb dieselbe. Ich versuchte andere Muskelstücke desselben Schenkels — aber unter vielen war nur eines, welches aus der Entfernung reizte. Zwischen diesem und dem unwirksamen konnte ich keinen äussern Unterschied bemerken. Aus diesen mannigfaltigen Thatsachen folgt demnach das eben so neue, als auffallende Resultat:

dass frische thierische Stoffe, nicht vegetabilische, sich bisweilen in einem

Zuſtande befinden, in dem ſie unſichtbar eine leitende Atmoſphäre um ſich verbreiten, welche in ihrer Bewegung in eben dem Maaſse allmählig abnimmt, als die Zeit, ſeit der die Trennung des Stoffes von der ganzen Maſchine geſchah, zunimmt.

Da nichts ſo ſehr für die Beſtimmtheit einer Beobachtung ſpricht, als wenn mehrere übereinſtimmende Erfahrungen ſich auf dieſelbe reduciren laſſen, ſo merke ich hier nur vorläufig an, daſs es mir noch in zwei andern Fällen geglückt iſt, Wirkungskreiſe von Muskeln und Nerven zu beobachten, und alſo etwas ſinnlich darzuſtellen, deſſen Daſeyn groſse Phyſiologen, zum Beiſpiel Herr Reil, aus theoretiſchen Gründen nur ahnden durften. Doch davon in einem folgenden Abſchnitte; ich kehre zu meinem Vorhaben, hier nur einfache Facta aufzuſtellen, zurück.

Statt der Belegung mit Hauch Fig. 32., oder mit Muskelfleiſch Fig. 36. kann auch die menſchliche Hand ſelbſt dienen. Man lege den feuchten Finger der Linken auf *z*, und berühre durch eine Silbermünze *s*, in der Rechten, den Schenkelmuskel, deſſen Cruralnerv mit Silber armirt iſt, (Fig. 38.), ſo erfolgen lebhafte Contractionen. Dieſelben erſcheinen ebenfalls, wenn die rechte Hand eine ſilberne Pincette *s* hält, und durch die beiden Schenkel derſelben den Froſchmuskel und die Nervenarmatur *r* (Fig. 39.) verbindet. Alsdann iſt eine zwiefache Verkettung der Theile, eine vom Nerven, durch *r*, *z*

den linken Arm und den rechten in *s*, und die andere vom Nerven durch *r* unmittelbar in *s*. Die erstere scheint aber die allein wirksame zu seyn, denn die Reizung hört auf, sobald die linke Hand den Zink nicht mehr berührt.

Wenn gleichartige Muskel- und Nervenarmaturen (Fig. 32.) nur unter der Bedingung wirken, dass das ungleichartige mittlere Glied der Kette auf einer Fläche mit einer verdampfenden Flüssigkeit belegt ist, so misglückt daher jedes Galvanisiren, sobald *z* auf beiden Flächen eine solche Belegung hat. Der Fall Fig. 23. ist daher, wenn *a* und *b* beide Silber, *e* Zink, *c* und *d* aber Muskelfleisch ausdrücken, bei minder reizbaren Thieren, constant negativ. Eben dies wird der Apparat Fig. 35, 36, 38 und 39, wenn zwischen *z* und *g*, *z* und *s*, und *z* und *r* noch ein verdampfender leitender Körper liegt. Alle Versuche hierüber zeigen eine wundersame Uebereinstimmung. Folgende Erfahrung aber, die ich mehrmals machte, zeigt dies Phänomen in seiner ganzen Vollständigkeit. Die Kette Fig. 40. Nerv, Gold, Muskelfleisch, Zink und Gold war positiv. Ich legte noch einmal Muskelfleisch *m* auf den Zink Fig. 41, und die Contraction blieb aus. *M* wurde (Fig. 42.) mit Zink *r* bedeckt, und der Fall war wieder positiv. Er zeigte sich negativ, als auf *r* noch einmal ein Stück Muskelfleisch *n* (Fig. 43.) lag, und wieder positiv, (Fig. 44.) als eine Eisenplatte *f* diess *n* bedeckte. Die ausdünstende Flüssigkeit muss also schlechterdings nur eine Fläche des heterogenen Zwischenmetalls (*z* in Fig. 35.) belegen, und wir

haben hier, um mich eines Ausdrucks meines ſcharfſinnigen Freundes, des Herrn Abilgaard zu bedienen, „gleichſam ein Galvaniſches Dampf„elektrophor, deſſen Wirkungen zu den wun„derſamſten Erſcheinungen der neuern Phyſik ge„hören.„

Fünfter Abſchnitt.

Mittel, die zuſammengeſetzten Bedingungen Galvaniſcher Erſcheinungen unter einen Geſichtspunkt zu ſtellen — Zeichen — Formeln für poſitive und negative Fälle — Vorſicht bei den Reſultaten nicht gelingender Verſuche.

Ich bin bemüht geweſen in den vorliegenden vier Abſchnitten die Bedingungen zu entwickeln, unter denen Galvaniſche Erſcheinungen erfolgen, oder ausbleiben. Statt nach dem Beiſpiele anderer Phyſiker die Thatſachen mit den Vermuthungen über ihre Urſachen gleichzeitig vorzutragen, habe ich jene von dieſen abgeſondert. Zwar iſt der Vortrag des Ganzen dadurch einförmiger geworden, zwar ſind einzelne Facta dadurch weniger hervorſtechend geblieben, dem ernſthaften Unterſucher aber wird dieſe Methode doch vorzüglich ſcheinen, da ſie reine Erfahrungen an einander reiht. Welch ein Abſtand in der Einfachheit der Bedingungen aber, von dem Falle (p. 32.) an, wo der bloſſe Lendenmuskel den noch organiſch inſerirten Iſchiadnerven berührt, bis zu dem complicirten Hauchverſuche (p. 77.).

Weder das aufmerkſamſte Leſen jener vier Abſchnitte, noch die Betrachtung der Figuren machen es möglich, jene Fülle von Thatſachen mit einem Blicke zu umfaſſen. Es ſchien mir daher wichtig, eine Methode zu erfinden, welche dieſem Mangel abhülfe. Die Bequemlichkeit, welche die Mathematik darbietet, durch analytiſche Zeichen, viele Sätze in wenig Zeilen darzuſtellen, reizte mich zu dem Verſuche, die Abänderungen des Galvaniſchen Apparats, bei dem faſt alles auf die kettenförmige Aneinanderreihung der Stoffe beruht, durch eine ähnliche Zeichenſprache auszudrücken. In meinem erſten phyſiologiſchen Briefe an Herrn Blumenbach *) habe ich bereits einige Formeln der Art bekannt gemacht. Der Beifall, den man dieſem Verſuche geſchenkt hat und meine eigene Ueberzeugung von dem Nutzen einer ſolchen Ueberſicht von Thatſachen, veranlaſſen mich dieſen Gegenſtand hier weiter zu bearbeiten.

Ich unterſcheide zwei Klaſſen von Stoffen, welche bei den Galvaniſchen Erſcheinungen wirkſam ſind. Zu der erſten rechne ich alle Metalle, Kohlen und kohlenſtoffhaltige Materien, zu der zweiten alle feuchte thieriſche und vegetabiliſche Theile, Muskelfleiſch, Waſſer, naſſes Tuch u. ſ. f. Stoffe der erſten Art nennt man faſt allgemein Excitatoren, Stoffe der zweiten Art Conductoren des Galvaniſchen oder elektriſchen Fluidums. Dieſe Benennungen gründen ſich auf die theoretiſche Vorausſetzung, daſs ohne Metall und Kohle, zum Beiſpiel,

*) Gren's Neues Journ. der Phyſik. B. II. S. 125.

keine Muskularcontraction erfolgen könne, und daſs Körper der zweiten Klaſſe nur dazu dienen, die kettenförmige Verbindung der Excitatoren nicht zu unterbrechen. Dieſe Vorausſetzung iſt grundfalſch, weil ſie tauſenden von Erfahrungen, die ich angeſtellt habe, widerſpricht. Im Zuſtande der erhöhten Reizempfänglichkeit erfolgen Galvaniſche Erſcheinungen bei Anbringung bloſſer ſogenannter Conductoren, wie in Fig. 2. 3. 5. und ſelbſt im gewöhnlichen Zuſtande der mindern Erregbarkeit wirken, wie im Hauchverſuche Fig. 35. Waſſer und feuchte leitende Subſtanzen, als wahre Excitatoren. Wir wollen daher in den Formeln jene gewagten, hypothetiſchen Benennungen aufgeben, und die zwei Klaſſen von Stoffen blos nach ihren individuellen chemiſchen Charakteren von einander unterſcheiden. Metalliſche und kohlenſtoffhaltige Subſtanzen haben unter den feſten Körpern ein ausgezeichnetes Vermögen das Sauerſtoffgas zu zerſetzen, oder phlogiſtiſche Proceſſe zu erregen. Ich bezeichne ſie daher mit dem Buchſtaben *P*, und zwar ſo, daſs homogene Metalle, wie zwei Goldſtäbe, durch *P P*; heterogene aber, wie Zink und Gold, durch *P p* ausgedrückt werden.

Ich nehme den gewöhnlichen Galvaniſchen Apparat Fig. 8., in welchem eine Muskelarmatur von Silber die Nervenarmatur von Zink berührt, zum Muſter. Der Ausdruck *P p P* bedeutet, daſs ein heterogenes Metall zwiſchen zwei homogenen liegt, oder daſs Kohle mit zwei homogenen Metallen in Berührung ſteht. Der Ausdruck $\underbrace{P\ p\ P\ P}$ zeigt

an, dafs vier Metallftäbe (von Gold und Blei z. B.) mit abwechfelnden Gliedern eine Kette bilden, wie in Fig. 45. Der Verfuch Fig. 8, wird fich daher auf folgende Formeln reduciren.

Nerv *P p*

Die Körper der zweiten Klaffe, welche im Zuftande minderer Reizbarkeit meift nur als leitende Subftanzen zu wirken fcheinen, haben die gemeinfame Eigenfchaft der Feuchtigkeit. Ich bezeichne fie daher durch *H* und *h* oder Corpora humida. Der Fall Fig. 1. drückt fich daher alfo aus:

Nerv *P H p*

Die Formel:

Nerv *P p*

in der das Verbindungszeichen fehlt, zeigt an, dafs ein Nerv mit zwei heterogenen Metallen (oder kohlenftoffhaltigen Subftanzen) zwar in Berührung fey, ohne aber eine Kette zu bilden. Es ift der mir glückende Verfuch Fig. 9., welchen man bisher apodiktifch für negativ erklärte. Das Verbindungszeichen dient auch dazu, um die Fälle zu bezeichnen, wo die Kette zweimal gefchloffen ift, und es auf die Uebermacht der Metalle ankommt, ob eine fchon gefchloffene Kette durch ein zweites Schlufsglied neue Contractionen erweckt. Wenn in Fig. 46. zwifchen den beiden Armaturen von Zink und Silber *v* und *s* abwechfelnde Glieder von Muskelfleifch *m*, *n* und Metallen *k*, *l* vorkommen, von denen eines *l* auch mit dem Nerven in Berührung fteht, fo wird, wenn *l* und *s* homogen find, nur das früher

applicirte, Galvaniſche Erſcheinungen hervorbringen. Die Fig. 46. heiſst demnach:

$$\underbrace{\underbrace{\text{Nerv}\ P\ H\ p}\ H\ P\ p}.$$

Nach dieſer Bezeichnungsmethode wird es ausführbar, alle Bedingungen des Galvanismus, ſo weit ich ſie entdeckt habe, in wenige Zeilen zuſammen zu drängen, und gewiſſermaſsen auf conſtruirbare Begriffe zu reduciren. Ohne dieſe Formeln vor Augen zu haben, iſt es unmöglich irgend etwas richtiges über die Urſach dieſer Erſcheinungen aufzufinden. Was hilft es, dieſelbe bald in den Metallen und ihrer Oxydation, bald im aufgehobenen Gleichgewichte der Elektricität bei kettenförmiger Verbindung der Stoffe zu ſuchen, wenn dieſelben Muskelbewegungen ohne Metalle und ohne kettenförmige Verbindung eintreten!

Im Zuſtande der erhöhten Reizempfänglichkeit finde ich Galvaniſche Erſcheinungen:

1) indem der Lendenmuskel eines Thieres gegen den, mit ihm organiſch verbundenen Iſchiadnerven zurück gebogen wird, der einfachſte Fall, den ich entdeckte. S. 32.

 Organiſch verbundener $\underbrace{\text{Nerv und Muskel}}$.

2) indem der Cruralnerv und ſein Schenkelmuskel, mittels feuchter Theile, verbunden werden Fig. 2. 3. 4. und S. 35 — 37.

 Organiſch verbundener $\underbrace{\text{Nerv und Muskel}\ H}$.

3) indem feuchte Theile eine Leitung von einem Theile des Nerven zum andern machen. Fig. 5. und S. 38.

Nerv *H h*

4) indem zwei homogene Metalle ſich berühren, von denen eines eine Nervenarmatur iſt; der Fall ohne Kette. Fig. 9. und S. 43.

Nerv *P P*

5) indem ein homogenes Metall Nerv und Muskel verbindet. Fig. 16. und S. 60.

Organiſch verbundener Nerv und Muskel *P*

6) indem zwei Puncte eines Nerven durch ein homogenes Metall verbunden werden *) S. 63.

Nerv *P*

7) indem ein feuchter Theil die homogene Nervenarmatur mit dem Nerven an einem zweiten Puncte verbindet. Fig. 22. und S. 65.

Nerv *P H*

*) Ich hole hier noch einen wichtigen Verſuch meines ältern Bruders nach, der dieſen Fall in ein helleres Licht ſetzt. Ein Waſſerfroſch war ausgeweidet und mit den Extremitäten auf ein Secirbrett geheftet. Das Geflechte von Nerven, welches aus dem Rückmarke nach dem Arme geht, und der Iſchiadnerv waren entblöſst. Mein Bruder galvaniſirte das Thier mittels Zink und Silber, die Contractionen waren heftig. Die Zinkarmatur wurde vom Iſchiadnerven weggenommen und der Arm zuckte, wenn das bloſſe Silber den Armnerven leiſe berührte. Holz, Knochen und andere nicht metalliſche Subſtanzen brachten dagegen keine Contraction hervor.

8) indem heterogene Metalle Nerv und Muskel bewaffnen, und ſich unmittelbar, oder mittels eines feuchten leitenden Körpers berühren. Fig. 8. und Fig. 1. S. 67.

Nerv *P p*,

Nerv *P H p*;

9) indem homogene Metalle am Nerv anliegen, beide aber durch ein heterogenes Metall verbunden ſind. S. 70.

Nerv *P p P*;

10) indem homogene Metalle den Nerv bewaffnen, beide aber mittels zweier feuchten Subſtanzen mit einem heterogenen Metalle verbunden ſind. Fig. 23. und S. 70.

Nerv *P H p H P*;

11) indem in der Kette zwiſchen einem Puncte des Nerven und dem andern mehrere Metalle mit feuchten Theilen abwechſeln und unter allen Metallen nur ein heterogenes iſt. F. 24. u. S. 70.

Nerv *P H P H p H P*.

Im Zuſtande minderer, wenigſtens nicht erhöhter Reizempfänglichkeit, erfolgen Muskularcontractionen nur:

1) wenn heterogene Nervenarmaturen ſich unmittelbar, oder durch Subſtanzen der erſten Klaſſe berühren. Fig. 8. und S. 72.

Nerv *P p*,

Nerv *P p P p*;

2) wenn zwiſchen heterogenen Nervenarmaturen Glieder von metalliſchen und feuchten Subſtanzen vorkommen, unter dieſen aber zwei heterogene Metalle in unmittelbarer Berührung ſind. S. 72.

Nerv *P H P p H p*;

3) wenn homogene Nervenarmaturen durch Subſtanzen der erſten Klaſſe verbunden ſind, unter denen eine auf einer Fläche mit einer verdampfenden Flüſſigkeit belegt iſt; der Hauchverſuch. S. 77. und Fig. 32.

Nerv *P p H P*.

Dagegen erfolgen bei minderer Erregbarkeit der Organe conſtant keine Contractionen in den oben No. 4. 6. 8. 9. und 10. angeführten Fällen, alſo in den Formeln:

Nerv *P P*

Nerv *P*

Nerv *P H p*

Nerv *P p P*

Nerv *P H p H P*.

Wenn wir demnach die Fälle, wo Muskelbewegungen eintreten, mit dem Zeichen + und die, wo ſie ausbleiben, mit dem Zeichen — andeuten, ſo ſtellt folgende Tafel alle bis jetzt entdeckten Facta überſichtlich dar. Ich habe mich bemüht, jeden nur irgend zweifelhaften Verſuch wegzulaſſen, weil in der Naturlehre nichts nachtheiliger iſt, als wenn man das Wahrſcheinliche unter das Erwieſene

mengt

mengt, oder gar (wie oft geschieht) Meinungen und Wünsche als Thatsachen einkleidet. Sollten in der Folge Galvanische Versuche als neu angezeigt werden, so wird es leicht seyn, dieselben in Zeichen umzusetzen und auszumitteln, ob sie zu einer der schon bekannten Formeln gehören?

Bedingungen des Galvanismus.

I. Zustand hoher Reizempfänglichkeit.

+ Organisch verbundener Nerv und Muskel.

+ Organisch verbundener Nerv und Muskel *H*

+ Nerv *H h*

+ Nerv *P P*

+ Nerv P

+ Nerv *P H*

+ Nerv *P p*

+ Nerv *P p P*

+ Nerv *P H p*

+ Nerv *P H p H P*.

II. Zustand minderer Reizempfänglichkeit.

+ Nerv *P p*

+ Nerv *P p P p*

+ Nerv *P H P p H p*

+ Nerv *P p H p*.

Von den negativen Formeln der zweiten Abtheilung ſetze ich nur folgende hinzu:

— Nerv *H h*

— Nerv *P P*

— Nerv *P*

— Nerv *P p P*

— Nerv *P H p*

— Nerv *P H p H p.*

Denn der wichtige Verſuch (S. 32.), indem bloſs organiſch verbundene Theile, der Iſchiadnerv und Lendenmuskel, ſich berühren, glückt faſt immer, wenn man gewöhnlich lebhafte Fröſche mit einiger Schnelligkeit zu präpariren verſteht. Negative Formeln für den Fall erhöhter Reizempfänglichkeit habe ich gar nicht aufzuführen gewagt. Sie ſind ſo lange voreilig und unrichtig, als der Experimentator nicht erweiſen kann, daſs er Verſuche mit ſolchen Individuen angeſtellt habe, welche das Maximum der thieriſchen Erregbarkeit beſaſsen. Wie apodiktiſch hat man bisher den Fall ohne Kette Fig. 9. nichtimmer für negativ erklärt, wie lange habe ich ihn nicht ſelbſt dafür gehalten, bis ein Verſuch mich von meinem Irrthume zurückbrachte! Und daſs dieſer Verſuch nicht durch ſogenannte zufällige Bedingungen modificirt wurde, das wird nach den mühſamen Gegenverſuchen Fig. 10. 11. 13. 14. und 12. a wohl niemand bezweifeln.

Negative Verſuche geben nur Reſultate für die individuellen Verhältniſſe, unter denen man experi-

mentirt. Bin ich aufser Stand, diese Verhältnisse oder Bedingungen genau zu bestimmen, so ist die Erfahrung des Nichtgelingens völlig unfruchtbar und ohne Anwendung auf andere Fälle. So sind viele unserer chemischen Versuche, alle meteorologische Beobachtungen, so zusammengesetzt, es wirken so viele Stoffe dabei, deren Zahl wir oft gar nicht einmal kennen, dafs jene Versuche und Beobachtungen keinen andern Schlufs erlauben, als den: wenn *a*, *b*, *c*, *x*, *y* . . . sich berühren, so erfolgt der Effect *α* nicht. Man behauptete, dafs in Wasser aufgelöstes Kochsalz sich durch Bleikalche zersetzt habe. Das Factum war unwiderruflich wahr, aber die Bedingungen wurden falsch ausgedrückt. Der grofse Scheele wurde durch negative Versuche widerlegt, bis Herr Curadeau fand, dafs Ausschlufs der Kohlensäure den Erfolg bestimme.

So giebt bei Versuchen mit thierischen Organen das Nichtgelingen ebenfalls nur ein Resultat für einen individuellen Fall. Bei jedem Phänomene der Irritabilität ist die Erregbarkeit der Organe ein Hauptbedingnifs, und da wir keinen bestimmten Ausdruck für den Grad dieser Erregbarkeit haben, so kann unter sonst gleichen äufsern Umständen zehnmaliges Nichtgelingen mich nicht an dem Effect eines einzigen gelingenden, sorgfältig angestellten, von mehrern Personen geprüften Versuchs zweifeln machen. Den Fall Fig. 7. habe ich bisher noch immer als negativ befunden. Dennoch wage ich es nicht, ihn allgemein dafür zu erklären. Thiere, welche noch reizempfänglicher sind, als die,

Staats-
Bibliothek
Bamberg

welche ich in Fig. 9. und 3. galvanisirte, werden vielleicht künftig auch noch zu dieser Entdeckung veranlassen.

Sechster Abschnitt.

Schliessung der Galvanischen Kette — Grösse der Belegungsfläche — Ist ein Galvanisches Phänomen ohne Reizung einer sensiblen Fiber möglich? — Relative Folge der Excitatoren — Regulinische und geschwefelte Metalle — Oxydirter Braunstein — Holz- und Steinkohle — Kohlenblende — Graphit — Lydischer Stein — Alaunschiefer — Eis — Säuren — Alkalien — Oel — Seife — Specifiker Unterschied der thierischen und vegetabilischen Materie — Wichtigkeit der cuticula — Ob sie Gefäse hat? — Chemische Betrachtungen über Leitungskraft im Allgemeinen — Theorie der Umhüllungen. — Gewisse Menschen sind isolirend. — Isolirende Theile des belebten Körpers werden leitend. — Temporäre Empfindlichkeit derselben. — Setzt sie eigene Nerven voraus? — Versuch, diese Erscheinung aus veränderter Zuleitung zu erklären. — Anwendung auf die Pathologie. — Leitungskraft der Morcheln.

Um das grosse Phänomen der Galvanischen Erscheinungen nach seinem ganzen Umfange zu fassen, ist es nicht hinlänglich, die Bedingungen anzugeben, unter denen sie überhaupt eintreten, sondern wir müssen sie auch nach ihren einzelnen Modificationen, in Beziehung auf einzelne Organe, oder ganze Thierclassen betrachten. Der Astronom begnügt sich nicht

damit, zu lehren, bei welcher Stellung Bedeckungen der Planeten erfolgen, er beſchreibt auch die phyſiſchen Wirkungen, welche die erfolgte Bedeckung hervorbringt. So wie einerlei Application der Metalle, nach Verhältniſs der gröſsern oder geringern Erregbarkeit der Organe, ſtärkere oder ſchwächere Contractionen hervorbringt, eben ſo verſchieden ſind dieſelben bei einem Individuum, wenn die Art der Application verändert wird. Ein mattes Thier, das bei der gewöhnlichen Armatur Fig. 8. gar keine Zuckungen zeigt, wenn die Pincette *s* erſt *t* und dann den Muskel berührt, wird dieſelben gleich äuſsern, wenn die Kette, vom Muskel aus, ſich zu ſchlieſsen anfängt. Unter den Formeln

$$\underbrace{\text{Nerv}\ \overset{\longleftarrow}{P\ p}}$$

$$\underbrace{\text{Nerv}\ \overset{\longrightarrow}{P\ p}}$$

iſt dann die erſtere negativ, die zweite hingegen poſitiv. Dieſe Entdeckung, welche man bald Herrn Volta, bald den Herren Fowler, Valli und Pfaff*) zuſchreibt, gehört dem Bologner Phyſiologen ſelbſt. Auch für die Empfindung iſt es ſehr merklich, von wo die Berührung ausgeht. Nirgends war mir dies auffallender, als bei den Blaſenpflaſtern, welche ich mir zu dieſem Zwecke mehrmals auf den Rücken legen lieſs. Die Wunden waren meiſt auf dem Latiſſimus dorſi. Bedeckte ein Zinkplättchen dieſelben, ſo war der Schmerz weit heftiger, wenn die ſilberne Pincette zuerſt das entblöſste Fell und

*) a. a. O. S. 10.

dann den Zink berührte, als wenn die Berührung umgekehrt geschah. Je reizbarer das Organ ist, desto unmerklicher wird der Unterschied. Ich liess die Wunde mit diluirtem Oleum tartari per deliquium befeuchten, und nun schwollen die Muskeln zwar heftiger auf, das Brennen ward anhaltender, aber beides erfolgte fast gleich, wo auch immer die Pincette zuerst angelegt ward. Wer nur irgend Galvanische Versuche angestellt hat, dem können ähnliche Beobachtungen, da sie äusserst constant sind, nicht entgangen seyn.

Ueberaus merkwürdig, und von Herrn Pfaff *) bereits angemerkt, ist noch der Umstand, dass die Stärke der Muskularcontractionen mit der Grösse der berührenden Metallfläche am Muskel, nicht aber mit der Grösse der Nervenarmatur zunehmen. Dieser Satz scheint, wie ich unten zeigen werde, für die Ergründung der Ursache des Galvanismus sehr wichtig zu seyn.

Wenn ich zwei Cantharіden-Wunden bisweilen zugleich auf meinem Rücken hatte, deren eine mit Zink armirt war, so war Schmerz und Aeusserung der Spannkraft zehnfach heftiger, wenn ein Laubthaler die andere Wunde bedeckte, und die silberne Pincette diesen berührte, als wenn dieselbe mit ihrem schmalen Ende auf die enblösste Cutis selbst traf. Eben so fühlte ich es an einer Handwunde, deren Zuheilung ich durch den Metallreiz einige Tage verhinderte. Selbst wenn organisch verbundene Theile für sich (S. 32.) ohne leitende Metalle,

*) a. a. O. S. 51, 63.

ohne getrennte feuchte Stoffe, galvanifche Erfcheinungen hervorbringen; wenn ich die Lende eines Frofches gegen feinen entblöfsten, aber nirgends durchfchnittenen Ifchiadnerven bewege, ift der Effect gröfser, wenn der Lendenmuskel in vielen Puncten den Nerven trifft, als wenn man ein fchmales Bündel Muskelfafern fein aus der Lende herauspräparirt und diefes in den Contact bringt. Eben fo habe ich oft beobachtet, dafs in dem Verfuche mit getrenntem Muskelfleifche F. 2. die Contractionen zunehmen, nicht blofs, wenn man *z* erft an *x* und dann an *y* (und nicht umgekehrt) fchiebt, fondern auch, wenn man dem Stücke *x* eine breitere Fläche giebt. Dagegen kommt es auf die Gröfse von *y* gar nicht an. Es fcheint gleich zu feyn, ob der Nerv in einem, oder in mehrern Puncten armirt ift. Der Verfuch Fig. 5. hat mir davon ein merkwürdiges Beifpiel gegeben. Die Muskelbewegungen blieben diefelben, ich mochte den Nerv mit der rechten Hand mittels des fchmalen Stückes Muskelfleifch *z*, oder des breitern berühren. Dagegen waren fie weit lebhafter, wenn *y* den Schenkelmuskel traf, als wenn die Entladung an diefem durch *z* gefchah. — Bei der mittelbaren Armirung eines Nerven durch eine Schwammunterlage glaubt Herr Pfaff *) Zunahme der Muskelcontraction bemerkt zu haben, wenn der Nerv eine gröfsere Strecke des Schwammftücks berührte. So oft ich diefen Verfuch auch wiederholt, fo habe ich diefe Zunahme doch nicht beobachtet. Auch fcheint mir diefe Application kein einfaches Refultat zu ge-

*) a. a. O. S. 168.

ben, da die Schwammunterlage wohl nicht blofs in fofern wirkt, als fie dem Nerven mehr Berührungspuncte giebt, fondern auch durch die Feuchtigkeit, welche fie ihm mittheilt und durch die fie feine Erregbarkeit vermehrt.

Dafs zur Hervorbringung der Muskelbewegungen es gleichgültig ift, ob fich Fig. 8. zwei Nervenarmaturen *t* und *r*, oder eine Nerven- und eine Muskelarmatur *t* und *s* einander berühren, bedarf keiner Erwähnung. Man hat in Deutfchland auch diefe Beobachtung Herrn Volta und Creve zugefchrieben, ungeachtet mehrere Stellen in Galvani's Commentar deutlich zeigen, dafs dem grofsen Entdecker diefelbe nicht entging. *)

Da es eine Hauptbedingung Galvanifcher Erfcheinungen ift, dafs ein Organ mit irritablen und fenfiblen Fibern zugleich verfehen fey, fo mufste die Bemerkung, dafs fchon die Armatur blofser Muskeln wirkfam ift, überaus auffallend fcheinen. Diefe Bemerkung, um deren Priorität Valli gegen Volta ftreitet, gehört ebenfalls beiden nicht, fondern Herr Galvani **) hat fie zuerft bekannt gemacht. Sie deutet überhaupt nicht auf eine Reizung ohne Nervenwirkung hin, fondern ift, wie ich glaube, ein blofses Phänomen der Zuleitung. Wenn man ein Stück Muskelfleifch fo präparirt, dafs kein gröfserer Nervenaft darin fichtbar ift, was bei dem

*) Vergl. Pfaff a. a. O. S. 22. und 334. Herr Volta fchrieb fich diefe Entdeckung felbft zu. Gren's Journ. der Phyfik, B. 8. S. 313. 316.

**) a. a. O. S. 51.

obern Theil einer Froſchlende, oder bei den Floſſen eines Fiſches überaus leicht gelingt, ſo wird man durch den Metallreiz keine Contraction darin erregen können. Erfolgte dieſelbe dennoch bisweilen bei dieſen Verſuchen, ſo weiſs ich mich keines Falls zu entſinnen, in dem, bei ernſthaftem Nachſuchen mit der Lupe, es mir nicht geglückt ſey, einen übriggelaſſenen Nervenaſt zu entdecken. Dagegen iſt es auffallend, daſs die Bewaffnung bloſser Muskeln, aus denen kein Nerv ausgeſchnitten iſt, nur dann wirkt, wenn eines der beiden Metalle in der Nähe des Nerven liegt, oder die Epidermis in Puncten trifft, unter denen der Nerv fortläuft. So kann man, bei der durchſcheinenden Oberhaut der Waſſerfröſche, die Richtung der Hauptnervenſtämme durch die Pincette verfolgen, ohne dieſe Oberhaut im geringſten zu verletzen. Wenn ich ein Zinkplättchen auf die Bauchmuskeln des Thieres lege und mit dem ſilbernen Bogen die Gegend berühre, in der ich den Nervus cruralis vermuthe, ſo zucket die untere Extremität. Dagegen glückte mir dieſer Verſuch nicht bei der Lacerta agilis, in der die kleinern Nerven mit mehrerer, feſterer und trocknerer, ſchuppenartiger Oberhaut bedeckt ſind. Aus dieſen Umſtänden glaube ich demnach den Schluſs wagen zu dürfen, daſs jene ſogenannte Armatur bloſser Muskeln eine Nervenarmatur durch Zuleitung iſt, eben ſo wie die Contraction eines Schenkels erfolgt, ſein Nerv mag wie Fig. 1—44. unmittelbar auf dem Metalle liegen, oder wie in Fig. 47. durch ein Stück Muskelfleiſch *f* damit ver-

bunden ſeyn. Ich würde dieſen Fall weniger umſtändlich abgehandelt haben, wenn nicht der Streit über die Herznerven, über die mein älterer Bruder und ich eine Zahl neuer Verſuche angeſtellt, ſo genau damit zuſammenhinge. Beide wären längſt befriedigend aufgeklärt, wenn es eben ſo leicht wäre, Muskeln ohne Nervenfaſer, als Nerven ohne Muskelfaſer darzuſtellen.

Ich komme jetzt auf die Betrachtung der Stoffe, welche in vielen Fällen eine Bedingung des Eintretens Galvaniſcher Erſcheinungen ſind. Ich ſage ausdrücklich in vielen Fällen; denn wir dürfen nicht vergeſſen, daſs auch ohne dieſe Stoffe, bei bloſs organiſch verbundenen Theilen Muskelbewegungen erregt werden können, welche ebenfalls dem Galvanismus zugehören. Sind aber, bei mindern Graden der thieriſchen Reizempfänglichkeit Subſtanzen nöthig, welche als Kettenglieder zwiſchen Nerv und Muskel treten, ſo kommt es, um ihre Wirkſamkeit zu beſtimmen, auf ihre relative Stellung gegen einander, auf ihre Folge, eben ſo ſehr, als auf ihre individuelle Natur an. Die poſitiven und negativen Formeln geben davon mannigfaltige Beiſpiele. In dem Verſuch

Nerv *P P p*

bedeuten *P P* zwei Zinkplättchen und *p* einen ſilbernen Bogen, der das eine *P* mit dem Nerven verbindet. Er wird Contractionen hervorbringen, ſtatt daſs ſie bei demſelben nur gewöhnlich reizbaren Individuum in

Nerv *P p P*

wo das Silber *p* zwischen den beiden Zinkplatten liegt, constant nicht erfolgen. Hier sind einerlei Metalle in verschiedener Folge, und die Voltaische Theorie des Galvanismus, welche ich unten näher prüfen werde, gründet sich blos auf eine solche Aneinanderreihung der Stoffe. Eben so ist, wenn *H* ein Stück Muskelfleisch von 2 bis 3 Kubiklinien bedeutet, unter den Formeln:

1) Nerv *P H p P*

2) Nerv *P p P H*

3) Nerv *P p H P H*

4) Nerv *P H p H P*

5) Nerv *P H p P H p*

6) Nerv *P H p p H P*

bei minder reizbaren Thieren, die erste, dritte und fünfte positiv, die zweite, vierte und sechste aber, wie mich häufige Versuche gelehrt, negativ. *)

Eben so wichtig zur Hervorbringung Galvanischer Erscheinungen, als die Folge der Stoffe, ist die specifike Natur derselben. Dieser Gegenstand ist von andern Physikern bereits so weitläuftig abgehandelt wor-

*) Zur Erläuterung erinnere ich nur, dass die erste und zweite Formel der Hauchversuch selbst ist; in der zweiten und dritten kann man sich das *H* am Ende als einen unwesentlichen, zuleitenden Körper hinweg denken; in der vierten ist das heterogene Metall an beiden Flächen mit Feuchtigkeit belegt; in der fünften sind zwei heterogene, in der sechsten zwei homogene Metalle in unmittelbarem Contacte. Man vergleiche im fünften Abschnitt n. 3. 9. 10. 2.

den, daſs ich mich nur einiges neue hinzuzuſetzen begnüge. — Bereits im vorigen Abſchnitte habe ich gezeigt, daſs die Benennung von Excitatoren *) und Conductoren in dem Sinne, worin man ſie jetzt faſt allgemein gebraucht, auf falſche Vorausſetzungen gegründet iſt. Galvaniſche Verſuche glücken, wenn dieſe ſogenannte Excitatoren gar nicht vorhanden ſind, und jeder Conductor kann unter gewiſſen Umſtänden, als Excitator, wirken. Dazu kommt noch der Umſtand, daſs jeder Excitator ein Conductor iſt, daher man ſich im Deutſchen der Ausdrücke: bloſs leitende und: leitende und reizende Stoffe bedienen ſollte. Wie kann man aber Benennungen wählen, welche Urſachen determiniren, von deren Zuſammenhange wir noch ſo gar nichts wiſſen! Herr Volta, welcher den Grund des Galvanismus in dem durch mehr als zwei Stoffe gehobenen Gleichgewichte der Elektricität ſucht, bezeichnet Metall und feuchte Theile mit dem Namen Excitatoren der erſten und zweiten Klaſſe. Die Bologner Phyſiologen, welche den Stimulus in die thieriſchen Organe ſelbſt ſetzen, halten alle Zwiſchenglieder für Conductoren. Sollte aber aus den Organen ein Fluidum ausſtrömen, was, wenn es in Menge vorhanden iſt, ſelbſt (ohne Mitwirkung anderer Stoffe) Muskelbewegungen hervorbringt; wenn es ſchwä-

*) Einige Phyſiker nennen das Metall, welche die Muskel- und die Nervenarmatur verbindet, alſo (nach Galvani) den Muskelleiter, ausſchlieſslich den Excitator, auch wohl Entlader. Vergl. Pfaff a. a. O. S. 11.

cher ausdünſtet, erſt bei dem Durchgang durch andere Subſtanzen wirkſamer wird; ſollte ein ſolches Fluidum die Galvaniſchen Erſcheinungen veranlaſſen, wären dann nicht beide Benennungen, die der Comer und der Bologner Schule, gleich unbeſtimmt? Waren nicht, im Zuſtande erhöhter Lebenskraft, bloſs Nerv und Muskel; bei minderer Erregbarkeit, Nerv, Muskel und Metalle die Excitatoren? Es iſt ganz gegen meinen Zweck, ſchon hier, ehe die Facta alle aufgezählt ſind, von den Urſachen derſelben etwas zu anticipiren. Theoretiſche Benennungen aber, welche der Naturlehre ſo oft ſchon Nachtheil gebracht, können nur durch Gründe widerlegt werden, welche aus der Theorie hergenommen ſind.

Vorſichtiger und untadelhafter ſcheinen mir die Ausdrücke: verbindende, oder Zwiſchenglieder der erſten und zweiten Klaſſe. Sie gründen ſich auf das einfache Factum, daſs unter gewiſſen Umſtänden die unmittelbare Berührung organiſch verbundener Muskeln und Nerven keine Contractionen hervorbringt, ſondern daſs dieſelben erſt erfolgen, wenn andere getrennte Subſtanzen eine Zuleitung von einem Organe zum andern bilden. Dieſe Subſtanzen ſind alle reguliniſche, oder einfache *)

*) Einfache, bloſs in Hinſicht auf den Umſtand, daſs ſie nicht mit Oxygen verbunden ſind. Seitdem man durch Herrn Richter aufmerkſamer darauf geworden iſt, daſs Körper mit Ausſchluſs der oxygenirten Luft, zum Beiſpiel unter Waſſer, auch leuchten; ſeitdem man den Lichtſtoff dem reguliniſchen Metalle beilegt, und und dieſen Lichtſtoff Phlogiſton nennt, (um doch wieder

Metalle, oxydirter Braunſtein, geſchwefelte Metalle als Kupferkies, Schwefelkies, Arſenikkies, Bleiglanz, Glanzkobold, Zinnerz und Magneteiſenſtein, Holz und Steinkohle, Kohlenblende, Graphit; nach meiner neuſten Beobachtung, eine Abänderung des Lydiſchen Steins (vom Thüringer Waldgebirge) und Alaunſchiefer; ferner Waſſer und alle tropſbare Flüſſigkeiten, auſser Oel; Morcheln, friſches, gekochtes und gebratenes Muskelfleiſch, und andere im Zuſtand der Verdampfung befindliche thieriſche Subſtanzen. Bei erhöhter Erregbarkeit der Organe oder im Zuſtande groſser Reizbarkeit iſt jeder dieſer Stoffe gleich fähig die Wirkung des Nerven auf den Muskel fortzupflanzen, oder, um weniger hypothetiſch zu reden, ein wirkſames Glied zwiſchen dem Nerven und Muskel zu ſeyn. Bei minderer Reizempfänglichkeit aber, bei Verſuchen mit matteren Thieren, erfolgen die Galvaniſchen Erſcheinungen nur: wenn Körper der

ein phlogiſtiſches Syſtem zu haben) ſeit dieſer Zeit höre ich den verewigten Lavoiſier oft des Irrthums zeihen, als habe er die Metalle für einfache Körper gehalten. Man vergiſst aber, daſs der groſse Mann ſeinen Begriff der Einfachheit bloſs auf das Nichtabſcheiden eines wiegbaren Stoffes gründete. Er hat gewiſs nie daran gezweifelt, daſs im reguliniſchen Eiſen nicht das Radical der Elektricität und des Magnetismus, ſammt dem Wärmeſtoff gebunden ſey! Auf die Weiſe zählen wir in unſern chemiſchen Tabellen immer ſehr unvollſtändig die Beſtandtheile eines Körpers auf. Es möchte ſich faſt apodiktiſch erweiſen laſſen, daſs es keinen Stoff gebe, der in irgend einem Zuſtande nur aus zwei ſogenannten Elementen zuſammengeſetzt ſey.

ersten Classe (metall- und kohlenhaltige Stoffe) unter die Glieder der zweiten Classe, nach der in den positiven Formeln bestimmten Folge, gemengt sind.

Regulinische Metalle. — Die meisten Physiker, welche über den neuen Muskelreiz schrieben, haben ihre Untersuchungen fast blofs darauf eingeschränkt, den Vorzug zu bestimmen, welchen gewisse Metalle, in Betracht ihrer Wirksamkeit als Zwischenglieder, vor andern Metallen äufsern. Man nennt diesen Vorzug bald Leitungsfähigkeit, bald Excitationskraft der Metalle, je nachdem man diese, oder jene Theorie befolgt. Es ist unbegreiflich, welche Verwirrung in den Begriffen von dieser Materie in den meisten Schriften über den Metallreiz herrscht. Man vergafs, dafs die Bedingungen des Galvanismus sehr zusammengesetzt sind, um so zusammengesetzter, je schwächer die Erregbarkeit der Organe ist; dafs, um genaue vergleichende Versuche zu machen, es auf einerlei Grad der Reizempfänglichkeit der Thiere, auf gleiche Temperatur, Isolirung und Form der Metalle, auf gleichartige Berührung derselben mit den thierischen Theilen ankommt. Man betrachtete die Nervenarmatur anfangs gar einzeln, ohne Rücksicht auf die Muskelarmatur, mit der sie wirkt; läugnete *) den, nach meinen Versuchen so überaus wirksamen Verbindungen von Eisen, Blei, Kupfer und Kobolt mit Stanniol gar alle Excitationsfähigkeit ab, und stellte eine Menge falscher Thatsachen auf, weil man die Versuche nicht vor-

*) S. Herrn Hecker's Behauptungen in der Medic. chir. Zeitung 1793. V. S. III.

ſichtig genug vervielfältigte. Herrn Pfaffs Scharfſinn *) war es vorbehalten, Licht über dieſen wichtigen Gegenſtand zu verbreiten, und durch ſorgfältige Unterſcheidung ähnlicher und unähnlicher Fälle richtige Tabellen über die Wirkſamkeit der Metalle zuſammenzutragen. Bei dem Gebrauche dieſer Tabellen iſt indeſs nie zu vergeſſen, daſs die Erregbarkeit der Organe für den Effect der Reizung eine eben ſo nothwendige Bedingung, als der Wärmegrad für die Verwandſchaftstafel **) iſt. Man laſſe ſich nicht täuſchen, wenn auch bei einem und demſelben geſunden Thiere ein Organ zu verſchiedenen Zeiten, oder verſchiedene Organe zu einer Zeit Zuckungen zeigen, welche mit der ſorgfältig ergründeten Kraft der Excitatoren in umgekehrtem Verhältniſſe ſtehen. Der ſchwächere Stimulus iſt auf einen empfänglichern Theil wirkſamer, als der ſtärkere auf einen empfänglichern. Herr Reil ***) drückt ſich hierüber ſehr treffend aus: „*Cum enim quodvis organon* „*ſingulaeque illius partes ſua, ad ſuas functiones accomo-* „*data fabrica polleant, minimaque ſabricae differentia effec-* „*tus vis motoriae mutet, quodvis organon, immo ſingulae* „*illius partes propriis et diverſis ſtimulis eſſent ſollicitandae,* „*ut inde verum judicium de illius irritabilitate hujusque*

„*gradi*

*) a. a. O. S. 45. 54. 63. 200. und 219.

**) Antiphlogiſtiſche Anmerkungen zu Kirwan's Abhandlung vom Phlogiſton 1791. S. 33. Klaproth's Beiträge zur chemiſchen Kenntniſs der Mineralkörper, B. 1. S. 372.

***) Reil *et* Gautier *de irritabilitatis notione, natura et morbis* 1793. *p.* 68. *et* 70.

„*gradibus feratur*,„ und „*patet in ipſo ſano corpore irri-*
„*tabilitatem mutabili, non fixo gradu gaudere, eamque*
„*mox deprimi, mox exaltari, ideoque ſtimulos, ratione*
„*quantitatis et qualitatis eosdem, diverſo tempore admotos,*
„*diverſum mox majorem, mox minorem effectum proli-*
„*cere.*„ Ich habe oft beobachtet, wie mir Zink und Gold bei der trägen aber friſch ſecirten Hausunke (Rana portentoſa L.) ſchwächere Muskelcontractionen zeigten, als Blei und Silber bei tagelang abgelöſten Froſchſchenkeln. Vor wenigen Tagen hatte ich aus Verſehen mehrere Kröten (Rana bufo L.) mit Waſſerfröſchen einfangen laſſen; ſie waren überaus matt und ihr Nervus cruralis war nur für Zink und Silber empfänglich. Ich veränderte bloſs den Zuſtand der Erregbarkeit der Organe, badete die Spitze des Nerven in oxygenirter Kochſalzſäure einige Secunden lang, und nun verurſachten ſelbſt Eiſen und Blei heftige Zuckungen. Wer bloſs den Galvaniſchen Verſuch ſelbſt, nicht aber meine Zubereitung des thieriſchen Organs beobachtet hätte, würde alſo leicht auf irrige Begriffe über die relative Wirkungskraft jener vier Metalle, Zink, Silber, Eiſen und Blei geleitet worden ſeyn.

Gekohlte und geſchwefelte Metalle — Auch die Verbindung der reguliniſchen Metalle, zum Beiſpiel des Eiſens, mit dem Kohlenſtoffe raubt ihnen ihre Excitationsfähigkeit nicht. Ich habe oft reines (geſchmeidiges) Eiſen und gekohltes (Stahl), oder überkohltes (Guſseiſen) verſucht, und alle drei ſehr wirkſam gefunden. Ja! es ſcheint, als wäre das Eiſen in gleichzeitiger Application mit Zink um ſo

geſchickter, lebhafte Contractionen hervorzubringen, je mehr es mit Kohlenſtoff gemengt iſt. Das graueſte Roheiſen, in dem der Graphit, wenn die Ganz abgeſtochen iſt, oft in ſechsſeitigen Tafeln beim Erkalten kryſtalliſirt, excitirt am heftigſten. Zwei wirkſame Stoffe, Eiſen, und Kohle äuſsern darin ihre vereinte Kraft. Ich bin lange in dem Irrthume geſtanden, als wenn auch das magnetiſche Fluidum eine, für den Galvanismus bemerkbare Heterogeneität in den Metallen hervorbrächte. Ich ſah matte Fröſche, deren Nerv mit geſchmeidigem Eiſen armirt war, keine Contractionen leiden, wenn gemeiner Stahl der Muskelleiter war. Dieſe Contractionen erfolgten aber ſogleich, als ich einen Magnetſtahl *) zur Nervenarmatur nahm. Ich glaubte nicht, daſs die Ungleichartigkeit zwiſchen reinem und gekohltem Eiſen geringer ſeyn ſollte, als zwiſchen Stahl und Stahl, und ſuchte die Urſache der Erſcheinung in dem magnetiſchen Fluidum ſelbſt. Herrn de la Roche**) wichtige Schrift über die Wir-

*) Selbſt Magneteiſenſtein iſt ein wirkſamer Excitator, obgleich Herr Hecker beobachtet haben will, daſs auch magnetiſche Mineralien überhaupt untauglich zur Hervorbringung von Muskularcontractionen waren. S. a. a. O. S. 3.

**) *Analyſe des fonctions du ſyſtème nerveux pour ſervir d'introduction à un examen pratique des maux des nerfs à Genève* 1778. Leider! erſt 1794, aber trefflich überſetzt von Herrn D. Merzdorf. Der Genfer Arzt verſichert ſelbſt geſehen zu haben, "daſs der künſtliche "Magnet auf Theile des Körpers aufgelegt die Tranſpi-"ration deſſelben merklich vermehrt, an denſelben die "natürliche Wärme wieder herſtellt, die ſelbſt der "wärmſte Anzug nicht verſchaffen konnte, atrophiſchen

kung des Magnets auf die thierische Oekonomie, und die so oft wiederholte Fabel, dass magnetisirtes Eisen Zahnschmerz und Magenkrampf in gewissen Fällen lindere, führte mich zu meinen Versuchen zurück. Für eine Kraft, der man kaum wagt, ein eigenes materielles Substrat zu geben, die sich nur durch Anziehen und Abstoſsen, durch eine Lage, welche sie gewissen Stoffen mittheilt, äusert, über die man in vollen fünftehalbhundert Jahren auch fast gar nichts entdeckt hat, für eine solche Kraft wäre es gewiss interessant, sie einmal in einer neuen, gleichsam chemischen Wirkungsart zu überraschen.

Ich wählte zu meinen Versuchen einen magnetisirten Stahl, dessen kräftige Pole sehr glatt polirt waren. Ein Pol verhielt sich beim Galvanisiren wie der andere, und der ganze künstliche Magnet, wie jeder unmagnetische Stahl. *) Ich fing daher an, jene

"und geschwächten Organen ihre Kraft wieder giebt, "den Ton der Eingeweide und den Fluss der monatlichen "Reinigung herstellt und Nervenzufälle heilt." Der Verfasser hat sich selbst sogar "durch den Magnet von einem "flechtenartigen Ausschlag befreit, der ihm sehr lästig "war." — Man untersuche Facta durch Facta, aber vergesse den Denkspruch des grosen Baco nicht: Chymici e paucis experimentis ad foculum et fornacem novam Philosophiam excuderunt, et Gilbertus, popularis noster, novam Philosophiam e Magnete elicuit. *(Op. omnia* 1694. *p.* 21.*)*

*) Die seit Musschenbroek, Aepinus und Cigna so berufene Analogie zwischen Elektricität und Magnetismus brachten mich auf die Idee, beide Kräfte in ihrer Verbindung zu versuchen. Ich liess elektrische Ströme durch einen künstlichen Magnet gehen, bemerkte aber nicht, dass seine Ziehkraft davon gemindert wurde. Die Ge-

oben bemerkte Heterogeneität, nicht der magnetischen Kraft, sondern der zufälligen Ungleichartigkeit des Metalls zuzuschreiben. Ich fand, daſs, selbst bei mattern Thieren, nicht bloſs magnetischer und unmagnetischer Stahl, sondern auch zwei Stahlarten, welche Theile eines Werkzeuges ausmachten, und im Aeuſsern auf gleiche Mischung schlieſsen lieſsen, Contractionen im Muskel hervorbrachten. Eine chemische Analyse der angewandten Stahlarten würde hiebei wenig entschieden haben, da (wie meine Versuche mit dem Lydischen Steine lehren) die Nerven von einem Minimum mehrern oder mindern Kohlenstoffs afficirt werden, das unsere chemischen Werkzeuge nicht angeben. Ich schlug daher einen andern Weg ein. Ich suchte zwei Stahlnadeln aus, welche so gleichartig in ihrer Mischung waren, daſs sie bei minder lebhaften Thieren keine Zuckungen erreg-

wichte, welche er trug, schwankten, weil sie mit im elektrischen Wirkungskreise hingen; der Magnet lieſs aber keines derselben fallen. Diese Versuche lassen sich indeſs noch mannigfaltig abändern, ehe sie reine Resultate geben können. Man müſste beobachten, ob die Kraft eines Magnets abnähme, wenn er Wochen lang, täglich einige Stunden im elektrischen Bade hinge. Daſs heftige Schläge von der positiven und negativen Elektricität der Kleistischen Flaschen Magnete auf einmal unmagnetisch machen, ist sehr bekannt und durch Analogie mit dem Blitze entdeckt worden. Ich bin aber überzeugt, daſs auch ein anhaltendes elektrisches Ausströmen langsam ähnliche Wirkungen hervorbringen kann. Seitdem Herr von Marum die groſse Entdeckung des gebundenen Wärmestoffs in der Elektricität gemacht hat, scheinen elektrisiren und glühen sehr analoge Erscheinungen zu seyn, und daſs das leiseste Erwärmen eines Magnets seine Ziehkraft mindert, ist eine sehr alte Beobachtung.

ten. Diese Zuckungen blieben ebenfalls aus, als trockner Silberdrath *c* (Fig. 48.) die Nerven- und Muskelarmatur *a*, *b* von Stahl berührte. Da nun jedes Eisen, welches mit einem Magnete in Berührung ist, so lange diese Berührung dauert, selbst magnetisch wird, so hielt ich einen künstlichen Magnet an die Stahlnadel *a*. Die magnetische Kraft wurde auf die Art durch *c* gehindert nach *b* überzuströmen, und das Thier war jetzt mit einem magnetischen Metalle armirt. Aber das magnetische Fluidum brachte für den Galvanismus keine Ungleichartigkeit der Mischung hervor, und die Schenkelmuskel blieben unbewegt. Ich verwandelte nun die Armatur *a* durch Bestreichen in einen künstlichen Magnet, selbst die Politur der Nadel hatte davon gelitten, (ein Umstand, der für den Begriff der Heterogeneität sonst überaus wichtig ist) aber auch nun erfolgten keine Muskelbewegungen. Mehrerer Versuche bedurfte es wohl nicht, um zu zeigen, dass die Wirkungen der magnetischen Kraft auf die belebte thierische Materie sich bisher dem Beobachter noch nicht sinnlich darstellen lassen. *) Wenn sie aber auch unsern

*) Durch einen freundschaftlichen Brief des Herrn Sömmering bin ich von einem Versuche benachrichtigt worden, in welchem der erwärmte elektrische Schörl (Turmalin) eine ganz auffallende Wirkung auf die Nervenfaser äussern soll. Ich habe sogleich thierische Organe auf mannigfache Weise mit diesem Fossile behandelt, aber keine andere Erscheinung dabei bemerkt, als die, dass der Turmalin, wenn seine Elektricität erregt ist, den Nerv (wie jeden andern leichten Körper) anzieht, ein Factum, das man freilich schon zu des Arabers Sera-

Sinnen entgehen, fo ift ihre Exiftenz deshalb nicht zu läugnen. Alle Kräfte in der Natur wirken gegenfeitig in einander; in dem grofsen Gemifche irdifcher Stoffe ift kein einzelner, der ifolirt fteht; wird aber fchon jedes Element durch das andere modificirt, wie viel wahrfcheinlicher ift es nicht, dafs ein fo zufammengefetztes Aggregat verfchiedenartiger Elemente, als die thierifche Mafchine ausmacht, von allen Objecten und Kräften der äufseren Sinnenwelt mannigfaltig erregt wird. Jedes diefer Objecte ift gleichfam ein Stimulus für die reizempfängliche belebte Fafer, und wenn gleich kein Verfuch es finnlich erweifen kann, fo ift es aus analogen Beobachtungen doch eben fo wahrfcheinlich, dafs die Farbe eines Refonanzbodens den zurückgegebenen Schall modificirt, als dafs der fchwächfte Magnet in der Nähe eines belebten Thier- oder Pflanzenkörpers die Aeufserungen feiner Lebenskraft, die Schnelligkeit feiner Affimilation, den Umlauf feiner Säfte und andere vitale Functionen modificirt.

Unter den vererzten Metallen hat Herr Pfaff den Kupferkies, Schwefelkies, Arfenikkies, Bleiglanz, Glanzkobolt und den Zinnftein, als wirkfame Zwifchenglieder beim Galvanifchen Verfuche entdeckt. Kupferglas, Zinnober und Blende ftör-

pions Zeiten kannte. Von jeher find dem elektrifchen Schörl fonderbare Eigenfchaften beigelegt worden. Vor zwanzig Jahren behauptete man öffentlich, die Mimofa pudica zöge, in Berührung mit Siegellack und Turmalin, ihre Blätter nicht zufammen, und Herr Ingenhoufs mufste diefe Meinung ordentlich widerlegen.

ten die Contractionen, wenn sie in die Kette traten. Eben so störend fand ich Weiss- und Grünbleierz, graue Bleierde, Raasen-Eisenstein, fasrigen braunen Eisenstein, Spat-Eisenstein, Kornisch Zinnerz, Malachit, Kupferlasur, dunkel und lichte Rothgültigerz und Pecherz. Ich glaube, dass dieser Unterschied zwischen wirksamen und unwirksamen Erzen in dem Zustande der Oxydation gegründet ist, in welchem sich ein Metall befindet. Im Schwefelkiese und Bleiglanze ist regulinisches, einfaches Eisen und Blei mit Schwefel; im Rothgültigerz, ist nach unsers grossen Klaproth Entdeckung, *) Silberkalk mit Schwefelsäure verbunden. Die Erze, welche regulinische, geschwefelte Metalle enthalten, haben vollkommen metallischen Glanz; **) die Erze, in welchen das Metall mit Sauerstoffe mehr oder weniger gesättigt ist, zeigen nach diesem Grade der

*) Crells Annalen 1792. St. 1. Bergm. Journ. 1792. S. 141. *Annales de Chymie* 1793. *Tome* 18. p. 81. (Rozier *Journ. de Physique* 1793. *Oct. p.* 291.) und in Herrn Klaproths klassischem Werke: Beiträge zur chemischen Kenntniss der Mineralkörper B. 1. S. 151.

**) Auch in dem Eigenthümlichen des metallischen Glanzes scheint mir, wie in den meisten optischen Phänomenen, noch viel Räthselhaftes. Man schreibt es allgemein (Macquers chem. Wörterbuch, B. 4. p. 198.) der grossen Dichtigkeit der Metalle zu. — Aber woher der oft vollkommen metallisch glänzende Glimmer? — Was geht in seichten Sumpfwässern vor, deren Oberfläche mit halbmetallischen, speisgelben und bergblauen Farben schillert? Was ist das metallisch glänzende am Gefieder der Schmetterlinge und den Flügeldecken so vieler Insecten?

Oxydation, verschiedenartige bunte Farben. Beispiele davon geben Kupferlasur, Malachit oder Weifsbleierz und Kupferkies; Eisenglanz oder Arseniksilber. Buntangelaufene Metalle sind gleichsam die erste Stufe der Oxydation. Ich habe oft bemerkt, dafs diejenigen Stellen einer Silberplatte, welche mit blauen und gelben Lichtstrahlen schillerten, fast gar keine Galvanische Erscheinungen hervorbrachten. Eben so mindert das Anblasen des regulinischen Zinks mit heifsen (leicht zersetzbaren) Wasserdämpfen seine Excitationskraft. Der geringste Grad der Säuerung äufsert sich schon durch Modification des metallischen Glanzes. Je mehr die Säuerung zunimmt, je inniger die Verbindung des Metalls mit dem Oxygene ist, desto mehr nimmt die Capacität eines Körpers für den Wärmestoff, seine Eigenschaft, idioelektrisch zu seyn, zu; desto mehr nimmt seine Elektricität- und Wärmeleitende Kraft*) ab, desto mehr

*) Wie die Wärmeleitende Kraft eines Körpers und dessen Capacität mit seiner Oxydation ab und zunehmen, habe ich an einem andern Orte zu erweisen gesucht. S. Crells Annalen 1792. B. 1. S. 423. — Rozier *Journ. de Physique* 1793. *Oct. p.* 304. und meine Abhandlung über Construction der Salzpfannen im Bergm. Journal 1792. Febr. S. 120. Die Einwendungen, welche man neuerlichst gegen die, von Herrn Mayer gegebenen Formeln, die auch meinen Berechnungen zum Grunde liegen, gemacht, scheinen mir nicht deutlich genug entwickelt. Die Mayerschen Formeln über Wärmeleitung stimmen mehr mit der Erfahrung überein, als es bei so mangelhaften Angaben der specifischen Gewichte und Wärmen zu vermuthen war, und ich wundere mich, dafs Herr Gren die Uebereinstimmung für zufällig hält.

entfernt er sich vom metallischen Glanze, wird undichter, durchsichtiger, und wirft getheilte Lichtstrahlen, das heifst, bunte Farben zurück. Wird das Metall endlich ganz mit Oxygen gesättigt, so nimmt die Brechung der

(Grundrifs der Naturlehre 1793. §. 743.) Ein Hauptnutzen, welchen man aus der Mayerschen Entdeckung für die Physik ziehen kann, scheint mir der zu seyn, wo directe Erfahrungen über Wärmeleitende Kraft L zweier Körper vorhanden sind, aus der Formel $L = \frac{1}{pc}$, die specifische Wärme $c = \frac{1}{pL}$ zu berechnen, und so die Crawfordschen Angaben zu prüfen. Dafs diese Angaben noch immer unendlich schwankend und unbestimmt sind, haben mich mehrere Prüfungen gelehrt. (Vergl. auch Gehlers Wörterbuch, Th. 4. S. 577.) Die Wärmeleitende Kraft des Flintglases, zum Beispiel, ist wie der Collecteur du feu der Herren Saussure und Ducarla' und zahllose tägliche Erfahrungen lehren, sehr geringe. Crawford giebt seine Capacität aber auf 0, 174 an. Nimmt man dazu sein specifisches Gewicht = 3,150 und die relative Wärme = 0,548, so folgt daraus die Leitungskraft des Flintglases = 1,824. Diese Kraft übersteigt demnach die des Goldes, Silbers, Bleikalkes, ja selbst die des Spiesglases. Die Angabe der Capacität muss daher wohl irrig seyn! Noch auffallendere Widersprüche geben die Angaben von der specifischen Wärme der atmosphärischen Luft und ihrer nach dem Graf Rumford (Benjamin Thompson) so geringen Leitungskraft. Diese beträgt 80, wenn Quecksilber = 1000 ist, also auf Wasser reducirt = 0,253. Für tropfbare Substanzen, wobei man auf die Massen und die specifische Wärme des Quecksilberthermometers und des Gefässes, in dem sie eingeschlossen sind, nicht Rücksicht nimmt, kann das Mayersche Gesetz $c = \frac{1}{pL}$ dienen. Bei elastischen Fluiden aber ist (Versuch über den Wärmestoff S. 262.) diese Berechnung nur dann möglich, wenn jene Massen und specifischen Wärmen des Gefäfses m und a und die

Lichtstrahlen wieder ab, und der Körper erscheint meist von weisser Farbe. Eben dieses Phänomen glaube ich im Pflanzenreiche bemerkt zu haben, wo ebenfalls die Kronenblätter (petala) und diejenigen Theile, welche nicht ausathmen (und in de-

des Thermometers μ und α bekannt sind. Denn bei diesen darf man die Grössen m, μ, a und α gegen $\frac{1}{pc}$ nicht verschwinden lassen. Nach des scharfsinnigen Graf Rumfords Versuche ist daher $\frac{1}{pL} = 3214$. Die wahre Capacität der atmosphärischen Luft wäre demnach $= 3214 - \frac{ma - \mu\alpha}{p}$. Freilich ist der Werth von p (das specifische Gewicht) in dieser Formel sehr geringe, da aber der Werth von $\frac{1}{pL}$ so ungeheuer gross ist, so vermuthe ich entweder, dass die Capacität der Luft um vieles grösser ist, als sie Herr Crawford angiebt, oder dass, wie auch ein Versuch des vortrefflichen Physikers Pictet (Ueber das Feuer S. 115. Anmerkung) lehrt, Luft ein besserer Wärmeleiter als Wasser ist. Hat Herr Crawford doch schon zwei Angaben über die Capacität der oxygenirten Luft bekannt gemacht, von denen eine 87,000, die andere aber 4,749 beträgt! Es scheint mir ungemein wichtig zu seyn, auf diese Umstände aufmerksam zu machen, da Berichtigung physikalischer Begriffe mehr Werth, als ihre Erweiterung hat. Mein verewigter Freund Herr Gehler glaubt, (Phys. Wörterbuch Th. V. S. 954.) dass das von mir behauptete Gesetz, die Capacität eines Körpers werde nach Verhältniss seiner Oxydation vermehrt, mit dem Crawfordischen Satze, dass Entziehung des Phlogistons die Capacität verstärke, übereinkomme. Beide Vorstellungsarten sind aber sehr verschieden, und geben nicht, wie das Multipliciren zweier positiven und negativen Factoren, gleiche positive Producte. Herr Crawford nimmt Entweichungen des Phlogistons an, wo das neue System wohl eine Säuerung, nicht aber eine Verbindung des Oxygens mit dem zu-

nen ſich der, aus dem zerſetzten Waſſer gezogene Sauerſtoff anhäuft) alle Farben der metalliſchen Kalche annehmen. Da unſere Art, mineraliſche Stoffe chemiſch zu unterſuchen, auf dem trocknen Wege das Oxygen der das Feuer umgebenden Luft, auf dem naſſen Wege das Oxygen des Waſſers und der Säuren in Berührung mit dem zu zerlegenden Körper bringt; ſo iſt es faſt unmöglich aus den Producten der Analyſe zu ſchlieſſen, ob Metalle oder Schwefel rein und einfach, oder leiſe oxydirt in den Erzen enthalten waren. Um ſo wichtiger ſcheint es mir, ſeine Aufmerkſamkeit auf die Farben und den Glanz metalliſcher Subſtanzen zu richten, um daraus nach analogen Schlüſſen etwas über den Zuſtand ihrer Oxydation zu folgern. Eben dieſer Zuſtand ſcheint zugleich

rückbleibleibenden fixen Körper annimmt, deſſen Capacität unterſucht wird. So leidet z. B. mein Geſetz nicht im mindeſten von der Einwendung, durch welche Herr Gehler (Wörterbuch Th. IV. p. 581.) das Crawfordſche umſtöſst, nemlich von dem Widerſpruche, daſs die Capacität der Steinkohlenaſche geringer, als die der ungebrannten Steinkohle iſt. Die erſtere ſollte weniger Phlogiſton (wenn es eines giebt!) enthalten, nicht aber mehr Sauerſtoff. Die Kohle verbindet ſich im Brennen mit dem Oxygene der Atmoſphäre, und aus dieſer Verbindung entſteht Luftſäure, welche ſogleich entweicht. — Zur Vervollſtändigung dieſer Materie füge ich noch zwei Bemerkungen hinzu; erſtlich daſs ich die geringe Wärmeleitende Kraft der Aſche, welche für den Techniker ſo wichtig iſt, bereits beim *Ariſtoteles Problemat. Sect. XXV.* 17. angezeigt finde, und zweitens, daſs einerlei Subſtanzen wohl darum oft gleich vollkommene Leiter des Wärmeſtoffs und der Elektricität ſind, weil die elektriſche Materie gröſtentheils aus gebundenem Wärmeſtoffe beſteht.

das Kriterium zu ſeyn, nach welchem Erze, als wirkſame oder unwirkſame, Zwiſchenglieder der Galvaniſchen Kette zu betrachten ſind.

Oxydirter Braunſtein — Auffallend iſt es in der That, daſs dieſe einzige Verbindung eines Metalls mit Sauerſtoff vollkommene Leitungskraft für das Galvaniſche Fluidum äuſſert. Herr Pfaff hat dieſelbe beim ſtrahligen und dichten Grau-Braunſteinerze bemerkt. Ich ſelbſt habe durch Armirung der Nerven mit dem kleinnierenförmigen und ſtaudenförmigen Schwarz-Braunſteinerze von Groſskamsdorff und Könitz, mittels eines Muskelleiters von Silber, die lebhafteſten Bewegungen erregt. Dem Schwarz-Braunſteinerze iſt aber (wie ich durch einfache Verſuche gefunden) auſſer dem Eiſen, auch Kohlenſtoff weſentlich beigemengt, und da wir ſeit Herrn Volta's und Blumenbachs Entdeckung die Excitationskraft der Kohle kennen, ſo iſt es mir ſehr wahrſcheinlich, daſs bei meinen Verſuchen nicht der oxydirte Braunſtein, ſondern der Kohlenſtoff wirkſam war. Könnte nicht eben dieſer Umſtand bei dem Grau-Braunſteinerze ſtatt finden? Es iſt bekannt, daſs alle Braunſteinkalche geglüht ein Gemenge von oxygenirtem und kohlenſaurem Gas geben; daher man bei Arbeiten, wo man mehr die Kohlenſäure, als das Azote vermeiden will, zur Erhaltung der Lebensluft ſich lieber des Salpeters, als des Braunſteinkalchs, bedient. Sollte die Kohlenſäure ſchon ganz im Kalche präexiſtiren, ſollte nicht auch dem Grau-Braunſteinerze Kohlenſtoff beigemengt ſeyn, der

in Berührung mit dem entweichenden Sauerſtoffe ſich zur Luftſäure bildete? Sollte der auffallende metalliſche Glanz, welchen der graue Braunſteinkalch zeigt, nicht von dieſer Verbindung mit Graphit herrühren? Wenigſtens fand ich mehrmals, wenn ich Ilefelder ſtrahliges Grau - Braunſteinerz in Mineralſäuren auflöſte, einen unauflöslichen Rückſtand, welcher nicht die, von Bindheim beobachtete Kieſelerde war, ſondern (wie beim Schwarz-Braunſteinerze) Kohlenſtoff zu ſeyn ſchien. Geübtere chemiſche Analytiker werden hierüber entſcheiden; denn für die Geſetze des Metallreizes iſt es ein ungemein wichtiges Problem, ob reine Braunſteinkalche eine Kraft haben, welche allen andern Metallkalchen zu fehlen ſcheint. Der oxydirte Braunſtein, den unſere Apotheken käuflich liefern, iſt völlig unwirkſam. Meine Muſſe hat es mir noch nicht erlaubt, einen möglichſt reinen Braunſteinkönig zu ſchmelzen, und dieſen künſtlich zu verkalchen. Auf dem Wege würde die Rechtmäſſigkeit meiner Zweifel am leichteſten zu ergründen ſeyn.

Holz- und Steinkohle, Kohlenblende, Graphit. — Die wichtige Entdeckung über die Holzkohle gehört dem groſsen Phyſiker von Como, Volta, nicht aber Herrn Fontana, welchem man ſie in Paris *) zuſchrieb, weil dieſer die erſte Nachricht davon an Delametherie gab. Es iſt bekannt, daſs nur wohlausgebrannte Kohlen Excitationskraft zeigen, doch iſt mir der Pfaffſche Verſuch **)

*) *Roz. Journ. de Phyſique* 93. *p.* 292.

**) S. a. a. O. S. 48. und 216.

durch neues Glühen einer nicht reizenden Kohle die reizende Eigenschaft zu geben, nur selten geglückt. Ich stelle mir vor, dass der Zustand der Umhüllung, in welchem das Hydrogen den Kohlenstoff hält, diesen letztern zu den Galvanischen Erscheinungen unfähig macht. Ich habe deshalb die Versuche wiederholt, zu denen mich Herrn Berthollet's Abhandlung in den *Annales de Chymie* (1790 *Th. VI. p.* 238.) über das Schwarzwerden der Baumrinde schon ehemals veranlasste, und welche ich am Ende meiner Aphorismen aus der chemischen Pflanzenphysiologie beschrieben habe. Ich setzte blendend weisse Spähne von Kieferholz (Pinus sylvestris L.) unter eine Glocke mit Lebensluft, welche von der Luftsäure sorgfältig gewaschen war. Die Temperatur des Zimmers war 18 Grad Reaum. Nach fünf Stunden fing das Holz an zu schwitzen, oder mit Wassertropfen bedeckt zu seyn. Nach vierzehn Stunden zeigten sich schwarze flammige Streifen, wo das Wasser herablief. Diese Streifen nahmen in zwei Tagen beträchtlich zu. Ich untersuchte die mit Quecksilber gesperrte Luft in der Glocke, und fand (was Herr Berthollet nicht bemerkte) deutliche Spuren von Kohlensäure in der Lebensluft. In dem fiberösen Theile des Holzes ist Wasserstoff, Kohlenstoff, Sauerstoff, Bittersalzerde, Kalcherde, vielleicht (wenn man, trotz der widerstreitenden Versuche eines Marggraf und Wiegleb, das nach der Verbrennung übrige Pflanzenalkali gröfstentheils als neu entstanden betrachtet) auch Azote enthalten. Der Wasserstoff scheint bei

einerlei Temperatur nähere Affinität zum Sauerstoffe, als der Kohlenstoff zu haben, daher sich zuerst Wasser und dann erst Kohlensäure bildet. Der Kohlenstoff mit Erden *) verbunden und vom Hydrogen enthüllt, **) stellt sich in seiner schwarzen

*) Reiner Kohlenstoff als fester Körper dargestellt, ist wahrscheinlich nicht schwarz. Crell's Annalen 1795. S. 118. Ueberhaupt glaube ich, dass keine Farbe irgend einem Elemente eigenthümlich ist. Der einfache Schwefel ist gelb, wie die Verbindung von Blei mit Wasserbleisäure. Der Sauerstoff modificirt die Farben, nur weil er das Oberflächenansehen der Körper ändert. Vielleicht könnte jeder einfache Körper jede Farbe zeigen, wenn man ihn nach allen Graden der Dichtigkeit, Dünnflüssigkeit u. s. f. erstarren lassen könnte.

**) Umhüllt nenne ich einen chemischen Bestandtheil eines Körpers, wenn er mit einem andern so verbunden ist, dass jener, (der umhüllte) durch diesen gehindert wird, die ihm isolirt zukommenden Eigenschaften zu äussern. Die Ursache dieser Hinderung liegt gewiss nur darin, dass sich die Affinität der umhüllenden Substanz α gegen die umhüllte β wirksam zeigt, und dass daher, wenn $\alpha + \beta$ in Verhältniss zu einem dritten Körper tritt, das Spiel einer zusammengesetzten Verwandschaft anfängt. Was ich Umhüllung nenne, mag sich also wohl auf den allgemeinen Begriff der Bindung reduciren; unsere chemischen Kenntnisse sind aber noch nicht vervollkommnet genug, um aus dem, was wir von den Affinitäten und dem Ineinanderwirken der Stoffe wissen, jene Erscheinungen erklären zu können. Auffallend z. B. ist es, dass im Spinelle 15 Theile Kieselerde gegen 76 Theile Thonerde dem Fossile alle Kennzeichen einer Gattung aus dem Kieselgeschlechte geben, während dass sich im Thonschiefer nur 26 Theile Thonerde gegen 46 Theile Kieselerde finden. So enthält der Amianth nur 0, 18 Talkerde gegen 0, 64 Kieselerde und eine Thongattung, der Chlorit 0, 06 Thonerde gegen 0, 39 Talkerde. Alles was die Oryktognosten der Wernerschen Schule von charakterisirenden Bestandtheilen und von dem

Farbe dar, und — diese schwarzen Streifen wurden nun zu Nervenversuchen angewandt. Ich präparirte den Cruralnerv eines lebhaften Laubfrosches, und brachte denselben in Berührung mit den geschwärzten Stellen des Holzes. Die Verbindung mit dem Muskel geschah durch Gold. Nach langen vergeblichen Versuchen fand ich Holzstreifen, welche heftige Contractionen erregten. Bedarf es eines deutlicheren Beweises für meine Vermuthung, dass die leiseste Umhüllung mit Wasserstoff dem Kohlenstoffe in der weniger ausgebrannten Holzkohle die excitirende Kraft raubt? Ja! ich war noch glücklicher. Ich äusserte in meinen Aphorismen über

Eintheilungsgrunde der Geschlechter angeben, beziehet sich auf die Idee eines umhüllenden Stoffes. Aber bei den unterirdischen Gasarten sind die Wirkungen der Umhüllung auf specifisches Gewicht, Respiration, Brennen der Lichter u. s. f. noch weit problematischer. S. meinen Brief an Herrn Lampadius in Crell's Annalen 1795. B. 2. St. 8. S. 104. und 100. — Drei Körper *a*, *b* und *c* können aus gleichen Quantitäten Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff und Metall zusammengesetzt und in ihrer Natur doch unendlich verschieden seyn. In *a* kann ein Theil des Wasserstoffs frei, ein anderer den Kohlenstoff umhüllend, sich dem öhlichten Zustande nähernd, vorhanden seyn. In *b* kann ein Theil Stickstoff an den Sauerstoff als ein schwaches Salpetersaures, und dieses an das Metall gebunden seyn. In *c* bildet etwas Wasserstoff mit dem Azote vielleicht Ammoniak und das Metall ist leise oxydirt. Unsere analytische Chemie giebt über die specifiken Bestandtheile der Körper und ihre quantitativen Verhältnisse richtige Aufschlüsse; in den Kunstgriffen aber, die relative Umhüllung der Elemente zu prüfen, sind wir noch weit zurück.

über die Pflanzenphyfiologie *) bereits die Idee, dafs der Brand der Bäume (u r e d o) entweder von dem Sauerftoffe der Atmofphäre, oder von dem Sauerftoffe, welchen die kranken Gefäffe in Uebermaafs durch die Säfte zuführen, herrühre. Ich ftellte mir vor, dafs im lebenden Baume eben die Enthüllung des Kohlenftoffs vom Wafferftoffe vorgehe, welche ich unter meinen Glocken beobachtete. Jetzt hat fich diefe V e r m u t h u n g durch die Galvanifchen Verfuche a u f f a l l e n d beftätigt. Ich nahm Holz, das aus der Brandwunde eines alten erkrankten Maulbeerbaums ausgefchnitten war, und bediente mich feiner zur Nervenarmatur. Ich fand Stücke darunter, welche Muskelbewegungen in Verbindung mit Silber erregten, ob fie gleich keine Spur abfärbender Kohle zeigten. Zuletzt verfuchte ich noch die fchwarzen Streifen, welche das Holz theils unter Waffer, befonders bei Einwirkung des Sonnenlichtes, theils mit concentrirter Schwefelfäure betröpfelt, annimmt, und welche ebenfalls als das Refultat einer Waffer- und Säurezerfetzung und eines enthüllten Carbons zu betrachten find; aber mit diefen Stoffen wurde ich in meinen Hoffnungen bisher noch getäufcht.

Als Herr V o l t a die erfte Nachricht von feinen Verfuchen mit der Holzkohle den Bologner Phyfikern ertheilte, ftellte der dortige Profeffor der Chemie, A l o y f i o L a g h i, **) welcher auf päbftlichen

*) Auch G e h l e r s W ö r t e r b u c h, Th. V. S. 694.

**) J o h a n n. A l d i n i *de animali electricit.* 1794. *p.* 15. u. 16. „e a q u a e g e n e r a t i m c u m f o f f i l i c a r b o n e bi-

Befehl eben neue, in der Romagna entdeckte Steinkohlen analyſirte, Galvaniſche Verſuche mit dieſen an. Sie miſsglückten ihm ſowohl, als Herrn Aldini, welcher mit engliſchen Steinkohlen experimentirte. Sie fielen, durch ihre elektriſche Nerventheorie geleitet, auf die Idee, daſs das beigemengte Bitumen die Excitationskraft hindern könne, und ſchwefelten die Steinkohlen ab. Augenblicklich waren dieſelben nun zur Hervorbringung Galvaniſcher Erſcheinungen geſchickt. Ja! man konnte in einem Stücke Coak deutlich diejenigen Stellen, welche gehörig ausgebrannt waren, von denen unterſcheiden, welche das Feuer weniger getroffen hatte, und welche daher das Galvaniſche Fluidum in ſeinem Umlaufe aufhielten. *) Wer häufig bei dem fälſchlich ſogenannten,

„tuminoſa ſubſtantia juncta eſt, omnem carboni adimit vehendae animalis electricitatis poteſtatem. Propoſitam conjecturam firmavit eventus: torrefactos foſſiles carbones, cum noſtrates, tum anglicos, adhibuimus, qui armaturam ſtatim praebuerunt commodiſſimam; aberant quippe ignis actione a carbone idioelectrica principia, quae animalis electricitatis excurſionem antea morabantur.„

*) „Interea vero phaenomenon accidit, in quo maxime electricitatis ingenium eluxit: nimirum cum ſpinali medullae torrefactos foſſiles carbones ſubjiceremus, atque arcus a muſculis ad carbones fieret, ſtatutis quibusdam punctis exoriebatur conſtanter contractio, aliis negabatur ſemper: nempe in eodem carbone ignis actio partes alias deferentes fecerat, alias quod uberiori bituminoſo ſcaterent principio idioelectricas relinquerat.„ Aldini *l. c.*

oft sehr entbehrlichen Abschwefeln der Steinkohlen zugegen war, wird oft, wenn der niedrige Meiler aufgebrochen ist, die schönsten klingenden, (blumenkohlähnlichen oder staudenförmigen) Coaks mit metallisch glänzenden Blättchen von Graphit bedeckt gefunden haben. Je glänzender diese Oberfläche des Fossils ist, desto vollkommener ist die Operation der Röstung geglückt, desto freier und reiner hat sich der Kohlenstoff zusammengezogen. Der Versuch der Herren Laghi und Aldini bezieht sich also wieder auf Enthüllung des Carbons! Ich selbst habe aber auch Steinkohlen gefunden, welche, so wie sie aus ihrer natürlichen Lagerstätte kommen, des freien Kohlenstoffs genug enthalten, um wirksame Zwischenglieder der Galvanischen Kette zu seyn. Dahin gehören nicht die flachmuschlige Kennelkohle, nicht Pech- Glanz- und Moorkohle, wohl aber manche Abänderungen deutscher Schiefer-Blätter- und Grobkohlen. Besonders geschickt sind dazu die obern Lagen gewisser Steinkohlenflöze, welche dicht unter dem Dache (sey es Brandschiefer, oder Schieferthon) prismatische Stücke wahrer, oft abfärbender fasriger Holzkohle, nach Art des Trümmerporphyrs, eingewachsen enthalten. *) Diese Steinkohlen erwecken, als Nerven- und Muskelleiter, also mit homogener Armatur, oft lebhaftere Contractionen, als alle Pflanzenkohlen.

*) Diese sonderbare, wie es scheint bisher übersehene Formation wird in meiner geognostischen Schrift über Construction des Erdkörpers im mittleren Europa (an deren Vollendung ich diesen Herbst zu arbeiten gedenke) weitläuftiger beschrieben werden.

Die Braunkohle naht ſich dem, durch Zerſetzung der Schwefelſäure ſchwach verkohlten Holze, und ſchien mir, wie dieſes, unwirkſam. Dagegen waren gewiſſe Abänderungen der Kohlenblende, welche ich bei Servoz in Savoyen ſammelte, der Holzkohle an Excitationskraſt gleich. Dieſes in Frankreich ſchon ſeit zwanzig Jahren bekannte, von einigen deutſchen Oryktognoſten aber jetzt als neu angegebene Foſſil, iſt als eine gekohlte Kieſelerde *) zu betrachten, und da ich gefunden, daſs ſelbſt vieler, wo nicht aller Thonſchiefer **) mit Kohlenſtoff gefärbt iſt, ſo muſs man über das Vorkommen der Kohlenblende auf Gängen und als Lagen in uranfänglichen Gebirgen weniger erſtaunen. Dagegen iſt es auffallend, wenn man die excitirende Kohlenblende mit der unwirkſamen Kennelkohle vergleicht, wie jener die Beimiſchung der (ſogenannten idioelektriſchen, verglaſenden) Kieſelerde ***) die Excitationskraft weniger raubt, als

*) Wiegleb in Crells Annalen 1790. B. 2. S. 29. Roz. *Journ. de Phyſique T.* 36. *p.* 55. Die Beimiſchung von Thon- und Kalkerde iſt ſehr geringe, beide betragen zuſammen 0,02 gegen 0,13 Kieſelerde.

**) Crells Annalen 1795. S. 118.

***) Herr Birnbaum, königl. preuſs. Hüttenſchreiber zu Tarnowitz, ein Mann, deſſen langjährigem freundſchaftlichen Briefwechſel ich ſo manche chemiſche Kenntniſs verdanke, und den ſeine praktiſchen metallurgiſchen Arbeiten hindern, ſich als einen trefflichen chemiſchen Analytiker öffentlich zu zeigen, entdeckte in Oberſchleſien eine Thonlage, in der ſich Kieſel- und Thonerde ebenfalls in gekohltem Zuſtande befand. Der Formation nach iſt ſie als zerreibliche Erde, was die Kohlenblende

dieſer die Umhüllung des Kohlenſtoffs mit Hydrogen. Die Abweſenheit des Hydrogens aber in den Kohlenblenden ſchlieſse ich daraus, daſs dieſelben in der trocknen Deſtillation, keine Spur von Oel, oder Gas hydrogène peſant geben, eine Luſtart, welche ſich aus allen waſſer- und kohlenſtoffhaltigen vegetabiliſchen Subſtanzen entwickelt, und welche den älteſten Scheidekünſtlern, einem van Helmont und Hales, ſchon bekannt war.

Ueber die Wirkſamkeit des Graphits beim Galvaniſiren haben die Herren Blumenbach und Delametherie *) die erſten intereſſanten Verſuche geliefert. Ich vermuthe, daſs die weſentliche chemiſche Beimiſchung (nicht Beimengung) des Eiſens zum Kohlenſtoff des Graphits, demſelben die ausgezeichnete Wirkſamkeit in Erregung von Muskelbewegungen ertheilt, ja daſs ſie den Nachtheil gleichſam aufhebt, welchen das ebenfalls in ihm gebundene Hydrogen hervorbringt. Denn wenn auch das brennbare Gas, welches Scheele erhielt, von dem im Alkali enthaltenen zerſetzten Waſſer herrührt, **) ſo beweiſen doch van der Monde's, Mongé's und Berthollet's Verſuche ***) unter Glocken mit Le-

als Stein iſt, und ich vermuthe, daſs ſie ebenfalls Wirkung auf die Muskelbewegung äuſſert.

*) Pfaff a. a. O. S. 49. Roz. Journ. 1793. p. 293.

**) Wie Herr Gren glaubt in ſeinem Handbuche der Chemie 1795. T. 3. S. 40.

***) Crells Annalen 1794. S. 525. Verſuche mit Schwefelſäure lehren, daſs das Reiſsblei aus Kohlenſtoff, Eiſen, Waſſerſtoff, Thon und Kalkerde beſteht. Zur Erklärung vieler geognoſtiſchen Phänomene wäre es wichtig, wenn

bensluft im Brennpuncte des Tſchirnhauſiſchen Brennſpiegels, die Exiſtenz des Hydrogens im Graphit. Die excitirende Kraft dieſer Subſtanz iſt ſo groſs, daſs ſie in den kleinſten Quantitäten den mächtigſten Stimulus angiebt. Ich hatte beim Galvaniſiren einer kleinen Hausmaus Brocken eines Graphits vor mir, welche Herr Freiesleben in unſerm Gebirge zwiſchen Berneck und Geffenreuth als Lager im Glimmerſchiefer (alſo analog der Formation, welche wir am Montblanc im Chamounythale bemerkten) neuerlich entdeckt hat. Ich beſtrich ein Plättchen Elfenbein mit dieſem Foſſile, und ſahe deutliche Contractionen, wenn der Nervus popliteus des Thierchens auf dem gefärbten Striche lag, und der ſilberne Muskelleiter eben dieſen Strich berührte. Ich ſtellte folgenden Verſuch an, um die Erſcheinung in noch gröſserer Feinheit darzuſtellen: Auf dem Elfenbeine waren (Fig. 49.) zwei Streifen *a* und *b* mit Graphit gefärbt. Auf *a* lag der Nerv, auf *b* war der Muskelleiter aufgeſetzt. Der Fuſs blieb unbewegt, weil die Zuleitung von *a* nach *b* fehlte. Ich zog nur einen Verbindungsſtrich *ab*, trug das Reiſsblei etwas dick auf, und nun traten die Contractionen ein. Auch war das Galvaniſiren wirkſam, als ich das Foſſil pulverte, den Nerv darin umrührte, und nun mittels einer wohlausgebrannten Kohle den glänzend gewordenen Nerven mit dem muſculus gaſtro-cnaemius verband.

es in der Folge glücken ſollte, Hydrogen in Gebirgsarten, das heiſst mit metall- und kohlenſtoffleeren Erden gebunden zu entdecken.

Lydischer Stein. — Selten hat mich irgend eine physikalische Erscheinung so überrascht, als die Wirksamkeit dieses Fossils, welche ich im Frühlinge 1795 zufällig entdeckte, und welche die feine Erregbarkeit thierischer Organe für die kleinsten Stimuli in ihrer ganzen wundersamen Klarheit zeigt. Ich habe dieser Erscheinung schon an andern Orten vorläufig gedacht, *) hier aber ist der schicklichste Ort sie umständlich zu beschreiben. Fowler's Versuche mit Erzen hatten mich veranlasst, meinen ganzen Vorrath von Fossilen zur Erregung von Muskelbewegungen zu prüfen. Ich traf auf eine Abänderung des Lydischen Steins, welcher unfern meines ehemaligen Wohnortes Steben am Thüringer Waldgebirge, theils auf dem mächtigen Mordlauer Zuge als Gangart, **) theils bei Schwarzenbach an der Saale auf Lagern im uranfänglichen Thonschiefer bricht. Das Stück, welches ich anwandte, war von der gewöhnlichen graulichschwarzen Farbe, von ebenem, dem flachmuschlichen sich nähernden Bruche, und mit kleinen Quarzgängen durchtrümmert. Als

*) In meinen physiologischen Briefen an Herrn Blumenbach in Gren's neuem Journ. der Phys. 1795. B. 2. S. 121, in meiner Abhandlung über die Natur der Grubenwetter und die unterirdische Meteorologie in Crell's Annalen 1795. S. 114.

**) Das Vorkommen des Lydischen Steins auf Gängen ist in der Natur vielleicht nicht so selten, als es unbeobachtet ist. Ich habe die erste Anzeige davon im Jahre 1792. im Bergmannischen Journ. St. 7. 8. 74. gemacht. Damals behauptete Herr Fichtel gar noch, diess Fossil existire nur als Geschiebe. — Vergl. über diese Abänderung auch Herrn Martius lehrreiche Wanderungen durch Franken 1795. S, 256.

Nervenarmatur eines Frofchfchenkels war es in Verbindung mit Silber, ja felbft mit Blei, von grofser Wirkfamkeit. Ich glaubte anfangs, dafs etwas Metallifches oder Steinkohlenftaub fich zufällig an das Foffil gehängt habe. Es wurde rein abgewafchen, aber die Muskelbewegung blieb diefelbe. Ich bemerkte nur, dafs die weiffen Quarztrümmer ifolirten, und dafs blofs der Lydifche Stein als Stimulus wirke. Nach dem Grundfatze, dem ich anhänge, dafs man neue räthfelhafte Erfcheinungen erft an ältere anzufchliefsen verfuchen mufs, bevor man neue Urfachen derfelben annimmt, entfchlofs ich mich fogleich zur chemifchen Analyfe, in der Hoffnung, einen fchon bekannten excitirenden Stoff in dem Lydifchen Steine zu finden. Herrn Volta's Entdeckungen über die Kohle veranlafsten mich, das Foffil gerade auf diefe zu prüfen. Auch hatte ich aufferdem einen zwiefachen Grund auf das Dafeyn diefer Subftanz, welche man, den Brandfchiefer abgerechnet, fonft den Steinarten eben nicht zufchreibt, zu fchlieffen. Denn einmal hatte ich, wie fchon oben bemerkt, den Kohlenftoff als färbende Beimifchung des uranfänglichen Thonfchiefers bereits entdeckt, und zweitens befann ich mich, zwei Jahre früher, als ich in meinem einfamen Gebirgsaufenthalte einmal angefeuchteten gepulverten Lydifchen Stein in Verbindung mit dem pnevmatifchen Apparate erglühte, ein Gemenge von kohlenfaurem und entzündbarem Gas erhalten zu haben. Sollte, fchlofs ich jetzt, bei diefer Operation nicht das Waffer zerfetzt, und der Sauerftoff an den Kohlenftoff des Foffils getreten feyn?

Der weitere Erfolg beſtätigte dieſe Vermuthung. Ich ſah meinen ganzen Vorrath von der Mordlauer Abänderung des Lydiſchen Steins nach, und fand Stücke darunter, welche vom dunkelſchwarzen ins bräunlichſchwarze übergingen, und beſonders auf den Ablöſungsklüften mit einem zerreiblichen Pulver bedeckt waren. Dieſs Pulver iſt ſtark abfärbend und giebt unſern Nailaer Bergleuten, wenn ſie früh aus der Grube kommen, bisweilen das Anſehen von Steinkohlen-Bergleuten. Ich fand die abfärbenden Theile des Foſſils im Ganzen am wirkſamſten für den Galvanismus, doch waren auch bisweilen die graulichſchwarzen, nicht abfärbenden eben ſo mächtige Stimuli für den Muskel. Ja! es fanden ſich Stücke, in denen die nicht abfärbenden die färbenden in der Wirkung übertrafen, Fälle, in denen dieſe ſich als iſolirende Subſtanzen zeigten. Alles ſchien, wie bei der Pflanzenkohle, auf feinen Umhüllungen zu beruhen!

Ich glühte gleiche Theile gepülverten Lydiſchen Stein mit ätzendem Pflanzenlaugenſalze in offenen Scherben. Das letztere wurde kohlenſauer, milde und brauſte heftig mit Schwefelſäure auf. Ich mengte fünf Theile des gepülverten Foſſils mit einem Theile gereinigten Salpeter. Das Gemenge verpuffte und der Salpeter wurde theilweiſe zerlegt. Es blieb kohlengeſäuertes Pflanzenalkali zurück. Mit ſchwefelgeſäuertem Mineralalkali, in wohlverdecktem Tiegel geſchmolzen, gab der Lydiſche Stein einen förmlichen Schwefellebergeruch. Ich ſtellte 240 Gran des gepulverten Foſſils wohlgetrocknet unter eine kleine

Glocke voll reiner, wohlgewaschener Lebensluft, welche mit Queckſilber geſperrt war. (Herrn Senebier's Verſuche, über die Luſtverderbung durch Kohlenmagazine, leiteten mich auf dieſe Vorrichtung). Nach fünf Tagen unterſuchte ich das Gas in der Glocke, und fand es mit Kohlenſäure anſehnlich gemengt. In meinen calibrirten Cylindern verſchluckte das Kalkwaſſer faſt 0, 24 des ganzen Luftgemenges. *) Ich ſammelte nun ſorgfältig das gepulverte Foſſil, und fand es nur etwas über 237 Gran an Gewicht. So reinlich ich mich auch zu arbeiten bemühte, ſo bin ich doch ungewiſs, ob dieſer ganze Verluſt dem entwichenen Carbon zuzuſchreiben iſt. Bei Wiederholung dieſer Verſuche fand ich, daſs die Zerſetzung der Lebensluft ſchneller **)

*) Auf ganz ähnliche Art als hier unter der Glocke mit Lebensluft erregt der Lydiſche Stein böſe Wetter in der Grube. Crell a. a. O. S. 117.

**) Bei der mündlichen Erzählung dieſer Verſuche haben berühmte Chemiſten mir den Zweifel geäuſsert, ob überhaupt vollkommen reine trockne Kohle das Sauerſtoffgas zerſetzt, welches ſie berührt, oder ob nicht vielmehr die kohlenſaure Luft aus einer Waſſerzerſetzung in der feuchten Kohle bei niedriger Temperatur herrühre. Aus mehrjährigen Verſuchen glaube ich ſchlieſsen zu dürfen, 1) daſs der Carbon den Sauerſtoff aus dem Waſſer allerdings leichter, als aus der Luft anzieht, entweder weil derſelbe in jenem durch weniger Wärmeſtoff, als in dieſer expandirt iſt, oder weil das Hydrogen in jenem durch eine Wahlverwandtſchaft die Zerlegung befördert. Die Entzündlichkeit der Oele und des Holzes, gegen die des Demants und der Kohlenblende gehalten, ſcheinen dieſe Eigenſchaft des Hydrogens zu beſtätigen. 2) Daſs ganz trockne in verſchloſſenen Scherben geglühte Kohle die atmoſphäriſche Luft ſelbſt bei einer bis zu 5 ° Reaum.

vor ſich geht, wenn das Foſſil ein wenig angefeuchtet iſt. Vergleicht man dieſe meine Arbeiten über den Lydiſchen Stein mit denen, welche über das Reiſsblei und die Kohlenblende unternommen wurden, ſo wird die Uebereinſtimmung aller drei Subſtanzen und das Daſeyn des Kohlenſtoffs in dem erſtern ſehr einleuchtend.

ſinkenden Temperatur zerſetzt. Luft und Kohle ſind freilich hygroſkopiſche Subſtanzen. Wollte man aber annehmen, in dem Sauerſtoffgas, unter der Glocke ſey Waſſer gebunden enthalten, welches die Kohle oder der gepulverte Lydiſche Stein anziehe und zerſetze, und das nach Tagen zurückbleibende kohlenſaure Gas entſtehe aus dieſem Waſſer, ſo müſste das Queckſilber, womit die Glocke geſperrt iſt, wegen Vermehrung der Luftmenge ſinken und ſich entzündliches Gas bilden. Beide Erſcheinungen aber habe ich nie beobachtet, und die Menge der gebildeten Kohlenſäure ſcheint in gar keinem Verhältniſſe gegen die geringe Quantität Waſſer zu ſtehen, welche das Sauerſtoffgas aufgelöſt enthalten kann. Ich glaube vielmehr mit dem ſcharfſinnigen Herrn Gren, daſs Kohle, wie jede andere Baſe acidifiable ſich in einem ſchwach-oxydirten Zuſtande befinden könne, ohne darum Kohlenſäure zu ſeyn. In dieſem Zuſtande nun wird (wie andere analoge Erſcheinungen lehren) das oxide des Carbon ſich leichter mit Sauerſtoff ſättigen, als wenn man die einfache Kohle in Berührung damit bringt. Sollte alſo angefeuchtete Kohle nicht bloſs darum ſich ſchneller zerſetzen, weil eine ſchwache Waſſerzerſetzung vorangeht, den Kohlenſtoff leiſe oxydirt, und ſo zur Zerlegung der Lebensluft vorbereitet? Ich ſtelle mir ſelbſt vor, daſs auch bei meiner ausgeglühten Kohle, welche ich trocken unter die Glocke brachte, etwas ähnliches vorgeht, nemlich daſs dieſelbe zuerſt Waſſer aus der Luft wieder anzieht und ſich vorläufig oxydirt. Dieſe Vorſtellungsart ſcheint ſehr natürlich und unſern jetzigen Erfahrungen angemeſſen.

So haben wir demnach ein Foſſil aus dem Kieſelgeſchlechte, welches die auffallendſten Galvaniſchen Erſcheinungen giebt. Waſſerfröſche, welche mit Zink und Silber nur ſchwache Contractionen erlitten, zuckten heftig, als ſie mit dem Lydiſchen Steine und Silber, oder Eiſen, oder Bleiſtift (geſchwefeltes Reiſsblei) berührt wurden. Dieſes letztere Gemenge in Verbindung mit Gold war bei denſelben Individuen völlig unwirkſam. Hier haben wir abermals ein merkwürdiges Beiſpiel von der ſpecifiken Wirkſamkeit einzelner Stoffe. Denn geſchwefelter Graphit und der lydiſche Stein von der Mordlau ſind in ihren Beſtandtheilen gewiſs homogener, als der Graphit und Silber!

Alaun- und Vitriolſchiefer. — Beide Subſtanzen, beſonders aus einem hierländiſchen Lager im uranfänglichen Mandelſteine zwiſchen Bernek und der Goldmühle, kommen in ihren Galvaniſchen Wirkungen dem oben beſchriebenen Foſſile ſehr nahe. Auch gaben ſie einerlei chemiſche Reſultate. Wirklichen uranfänglichen Thonſchiefer, der reich genug an Kohlenſtoff iſt, um als Nervenarmatur zu dienen, habe ich noch nicht gefunden. Sein häufiger Uebergang in Alaunſchiefer, von dem ihn nur der Mangel an geſchwefeltem Eiſen unterſcheidet, läſst mich aber an ſeinem Daſeyn nicht zweifeln.

Ich habe abſichtlich dieſe Excitationskraft des Kohlenſtoffs weitläuftiger entwickelt, und alle Nebenumſtände dabei, wie ich hoffe, gründlich erwogen, weil mir dieſelbe von groſser Wichtigkeit für die Betrachtung der belebten Natur zu ſeyn

ſcheint. *) Es war nicht genug, zu zeigen, daſs Holzkohle und Graphit einen Muskel reizen; es kam darauf an, dieſs Phänomen in ſeiner ganzen Feinheit, in ſeinem ganzen Umfange darzuſtellen. Je weiter wir den Kohlenſtoff durch die belebte Pflanzenwelt verbreitet, je tiefer wir die älteſten Schichten des Erdkörpers ſelbſt da, wo ſich keine Grabſtätten der Vegetabilien finden, mit dieſem Kohlenſtoffe durchdrungen ſehen, deſto intereſſanter muſs uns das Verkehr ſeyn, in welchem wir ihn auch in der kleinſten Menge, wo er ſich enthüllt darſtellt, mit den thieriſchen Kräften erblicken!

Waſſer**) und andere tropfbare Flüſſigkeiten, auſser Oel, ſind vollkommen leitende, ja unter gewiſſen Umſtänden, (wie in dem, im vierten Abſchnitte beſchriebenen Hauchverſuche) nothwendige Zwiſchenglieder Galvaniſcher Ketten. Das Waſſer wirkt theils für ſich allein, theils als Ueberzug von iſolirenden, nicht leitenden Subſtanzen. Naſſes Siegellack, naſſen Bernſtein habe ich in der Zuleitung des Galvaniſchen Fluidums eben ſo wirkſam, als Metalle oder Muskelfleiſch gefunden. Auffallend ſcheint mir dabei der Zuſtand der Flüſſigkeit, in dem ſich das Waſſer befindet. Bei den Metallen iſt es gleichgültig, ob ſie feſt, oder durch Wärmeſtoff tropfbar flüſſig expandirt ſind. Sie leiten immer gleich ſtark, wie ich mit flieſsendem Bleie und Zinne verſucht habe. Ganz anders verhält ſich das

*) Und doch konnte Fowler die reizende, oder leitende Eigenſchaft der Kohle ganz läugnen.

**) Pfaff a. a. O. S. 206 und 229.

Waſſer. Als Eis iſt es völlig iſolirend, wie Siegellack und Oel. Man zerſchlage bei trockner Winterluft Eisſtücke in dünne Scheiben; auch die dünneſten derſelben unterbrechen die Wirkung der Excitatoren auf die Organe. Kaum iſt das Eis zu Waſſer geſchmolzen, ſo iſt ſeine iſolirende Eigenſchaft verlohren. Sie tritt wieder ein, wenn das Waſſer mit noch mehr Wärmeſtoff gebunden in ſeine gasförmigen Beſtandtheile zerſetzt iſt. Selbſt unzerſetzter, nur elaſtiſch expandirter Waſſerdampf ſcheint ſchon ohne Leitungskraft zu ſeyn. Vielleicht liegt der Grund davon in der Luft, welche auch in den verdickteſten Dampf eindringt und die Theile deſſelben von einander trennt. Ich füllte eine kleine Kugel mit erhitzten Waſſerdämpfen und öffnete ſie dergeſtalt, daſs der Dampfſtrom, indem er hinausfuhr, zwei Metalle, welche mit der Nerven- und Muskelarmatur in Verbindung ſtanden, mehrere Secunden lang verband. Ich wiederholte den Verſuch zweimal, ſah aber nie Zuckungen entſtehen.

Auſser dem Waſſer fand ich auch alle, in Waſſer aufgelöſte Mittelſalze und Waſſerfreie Schwefel- Salpeter- und Kochſalzſäure, das Oleum tartari per deliquium, den Alkohol und alle Naphten gleich wirkſam. Ich ſtellte die Verſuche darüber entweder ſo an, daſs ich Papier mit der zu prüfenden Flüſſigkeit tränkte und daſſelbe zwiſchen zwei zuleitende Metalle legte, oder ſo, daſs ich gekrümmte Glasröhren, wie (Fig. 50.) *F*, in welche zu beiden Seiten die, mit den belebten Organen communicirenden Metalldräthe eingeſenkt ſind, mit dem Alkohol oder

der Säure füllte. Den letzten Apparat kann ich als besonders vortheilhaft empfehlen. Reines Oel, z. B. Olivenöl unterbricht, auch in der kleinsten Menge, den Durchgang des Galvanischen Fluidums. Herr Voigt zu Jena hat hierüber eine Reihe sinnreicher Beobachtungen angestellt. Ich goss Olivenöl auf eine Glasplatte und legte den Nerv eines Thieres und eine Zinkplatte dergestalt in diess Oel, dass das Ende des Nerven um 6 Linien weit vom Metalle entfernt blieb. Der Nerv war isolirt und keine Verbindung des Muskels mit dem Zinke, durch einen Muskelleiter, konnte Bewegungen hervorlocken. Ich tröpfelte aufgelöstes Pflanzenalkali zwischen den Nerv und den Zink ins Oel; es entstand eine flüssige Seife, und nun — nun war durch diese die Zuleitung zu den thierischen Theilen so vollkommen hergestellt, dass (Fig. 51.) die Pincette *p* oft nur das Metall *m*, und die sich bildende Seife *s* zu berühren brauchte, um den Schenkel wirksam zu galvanisiren. Diese Erfahrung, welche ich oft angestellt, ist sehr überraschend, und einige Physiker von Ansehen, welche meine spätern Versuche über die ungeheure Wirkung der Alkalien auf die Reizempfänglichkeit kennen, haben auch hier eine ausgezeichnete Eigenschaft des Oleum tartari bemerken wollen. Ich glaube aber, dass das auffallende Phänomen sich grösstentheils auf das des feuchten Siegellacks reduciren lässt. Jede isolirende Substanz wird durch Beimischung von Wasser selbst leitend. Sollte daher das Oleum tartari nicht bloss dadurch wirken, dass sein Pflanzenlaugensalz das Wasser, in wel-

chem es aufgelöst ist, mit dem Oele verbindet? Indess fand ich die flüssige Seife, welche ich aus Olivenöl und trockner ätzender Potasche bereitete, auch leitend; aber wo ist trockne Potasche, welche nicht etwas atmosphärische Feuchtigkeit an sich gezogen hätte? Ich gestehe, dass mich das letztere Factum sehr bedenklich macht, da in einer so feinen Materie es schwer ist, zu entscheiden, wie viel Wasser dazu gehöre, um als Stimulus für die Organe, oder wenigstens als Leiter des stimulirenden Fluidums zu wirken.

Trockne Seife isolirt, wenn sie auch in die dünnesten Scheiben geschnitten ist. Legt man dieselben auf den belebten Muskel selbst, so wird man sie in einigen Minuten leitend finden. Dies ist bloss Folge der durchdringenden Lymphe, und muss nicht irre machen. Auch Seifenschaum, wenn er bereits 2 Stunden getrocknet, leitet meist noch. Ich bin überzeugt, dass ein sehr wesentlicher Unterschied zwischen der Leitungskraft verschiedener Flüssigkeiten, als der Säuren, Naphten und alkalischen Auflösungen ist. Die Veränderungen aber, welche uns zum Maasstabe dienen mussten, die Lebhaftigkeit der Muskelcontractionen sind im Grade der Stärke so fein nüancirt, von so vielerlei Umständen abhängig, dass es mir bei meinen bisherigen Bemühungen unmöglich schien, auf reine Resultate zu kommen. Dass flüssige Seife, aus fetten Oelen und ätzendem Alkali frisch bereitet, stärker leitet, als reines Wasser, habe ich deutlich geprüft. Den Fall Fig. 51. habe ich, wenn Wasser

zwi-

zwifchen dem Nerv und Zink ftand, noch nie pofitiv gefunden, häufig aber, wenn die Zuleitung durch Seife gefchah. Auch das Hindernifs, welches kohlenfaures Waffer dem Galvanifchen Fluidum entgegenftellt, ift dem des deftillirten gewifs nicht gleich. Durch welche Mittel aber ift eine folche Aufgabe zu löfen? Wiffen wir doch nicht einmal, wie fich die Metalle in Rückficht auf ihre Leitungskraft für die Elektricität verhalten, ob der elektrifche Stoff freier durch Salpeterfäure, oder durch Salzfäure (in der man weiland eine metallifche Bafis ahndete) durchftrömt! Es ift hier genug, auf folche Puncte aufmerkfam zu machen.

Wenn wir die fpecifike Natur der leitenden und ifolirenden Galvanifchen Zwifchenglieder betrachten, fo finden wir uns, (wie in dem Streit über die Urfachen der Capacitäten und elektrifchen Leitungskräfte) in einem dädalifchen Labyrinthe, aus dem eine folgende Generation erft den Ausweg entdecken wird. Ich glaube erwiefen zu haben, dafs die Capacität eines Körpers für den Wärmeftoff fich in Verhältnifs feiner Oxydation vermehre. Aber wie unbefriedigt läfst uns diefes e i n e Gefetz für fo viele gar nicht gefäuerte, oder fäurungsfahige Stoffe! Man weifs, dafs von zwei geriebenen Körpern der glattefte $+E$, der rauhere $-E$ empfängt. Wie wenig laffen fich aber S y m m e r's, A d a m's und C i g n a's auffallende Verfuche mit feidenen Bändern, Strümpfen, Federkielen und Siegellack auf diefen Satz reduciren! Wo es an Einheit in dem ganzen Vorrathe von Erfahrungen fehlt, ift es immer fchon intereffant,

die Materialien so zu ordnen, daſs dieſe Einheit wenigſtens in einzelnen Theilen einigermaaſsen hervorleuchtet.

Aus den oben entwickelten Beobachtungen über Metalle und kohlenſtoffhaltige Subſtanzen folgt das Geſetz, daſs beide einzeln ſowohl, als in ihrer wirkſamen Verbindung ihre Galvaniſche Leitungskraft einbüſsen, wenn ſie von Oxygen, oder Hydrogen umhüllt ſind. Dieſe Unwirkſamkeit beruht aber auf der Natur des neuen Gemiſches, welches der Sauer- und Waſſerſtoff mit dem Metallerze und dem Carbone hervorbringen, nicht auf der Eigenthümlichkeit des Sauer- und Waſſerſtoffs ſelbſt. Denn ſonſt müſste es doppelt auffallend ſeyn, daſs dieſe beiden Elemente mit Wärmeſtoff zu einer tropfbaren Flüſſigkeit, Waſſer, verbunden, einen vollkommenen Leiter des Galvaniſchen Fluidums geben, und daſs iſolirender Schwefel und Phosphor mit Oxygen geſättigt, in der concentrirten Schwefel- und Phosphorſäure, wie Waſſer wirken. Es kommt bei dieſem Phänomene der Leitungskraft ganz auf die individuelle Beſchaffenheit der leitenden Stoffe, als Aggregat von Elementen betrachtet, nicht auf die einzelnen Elemente ſelbſt an. Bei einigen Conductoren, wie bei den Metallen, entſcheidet der Zuſtand der Flüſſigkeit, oder die Maſſe des gebundenen Wärmeſtoffs gar nicht; bei andern, wie in Waſſer und Eis, iſt tropfbare Flüſſigkeit ein nothwendiges Bedingniſs der Leitungskraft. Die Expanſion jedes Stoffes in einen elaſtiſch - flüſſigen, oder gasartigen Zuſtand macht denſelben iſolirend. Erwärmung

einer excitirenden Subſtanz bis zur Glühhitze, benimmt derſelben, wie ich unten zeigen werde, ihre Wirkſamkeit nicht, ſie bringt aber auch keine Veränderung in den iſolirenden Stoffen hervor. Ich lieſs die dünnſten Glasſcheiben glühen, und zwiſchen den Nerv und die Nervenarmatur legen ſie hinderten aber gleich ſtark, warm und kalt, die Erregung der Muskelbewegungen. Eben ſo fand ich flieſsendheiſses Siegellack und ſchmelzenden Schwefel iſolirend.

Kohlenſtoff mit dem vierten Theile Hydrogen zu einer tropfbaren Maſſe verbunden, hemmt jeden Umlauf des Galvaniſchen Fluidums. Zwar iſt in jedem fetten Oele auch noch (wie Herr Gren ſehr richtig gegen Lavoiſier behauptet) *) etwas Sauerſtoff enthalten, die Menge deſſelben muſs aber bis zum Zuſtand des ranzigen Oels oder gar bis zur Umwandlung in eine vollkommene Pflanzenſäure vermehrt **) werden, um dem Oele eine leitende Eigenſchaft mitzutheilen. Eben dieſe Eigenſchaft ſcheint mir der concentrirte Weingeiſt dem Oxygen zu verdanken. So gefährlich derſelbe der Reizempfänglichkeit des Nerven iſt, ſo wirkſam habe ich ihn im Verſuche Fig. 51. gefunden. Der Alkohol enthält aber, wenn er auch noch ſo concentrirt iſt, weſentliches Waſſer, nemlich nach Herrn Meunier's

*) Denn fette Oele geben mit Ausſchluſs der oxygenirten Luft deſtillirt, doch Kohlenſäure. Gren's Handbuch der Chemie, 2te Auflage, B. 2. S. 180.

**) Obſerv. ſur les huiles et l'air pur par Senebier in *Annales de Chymie T. II. S.* 89.

und Lavoisier's *) vortrefflicher Analyse, 28,530 Kohlenstoff, 7,873 Wasserstoff und 63,597 Wasser.

Wie das Oel verhalten sich auch, sie mögen fest, oder fliesend seyn, alle Harze, gummöse Stoffe, und thierische Fette, als Federharz, von dem ich das künstliche aus Caoutchoua elastica bereitete sowohl, als das fossile aus Derbyshire untersucht, Mastix, Sandarak, Wachs, Talg, Bernstein, Gummigut, u. s. f.

Obgleich das Queckfilber in der Mercurialsalbe blofs mechanisch vertheilt, mit Oel zusammen gerieben ist, so fand ich es doch isolirend. Eben so die brennzligen Oele, die ich wegen der freien Kohle, die sie enthalten, für leitend hielt. Vielleicht haben Queckfilber und Kohle in beiden nichts von ihrer Leitungskraft eingebüfst, und vielleicht hindern nur die dazwischen liegenden Oeltheilchen die Fortleitung des Galvanischen Fluidums. Die Bemerkung eines schätzbaren und überaus arbeitsamen Chemisten, des Herrn Fabbroni in Florenz, **) nach welcher gewisse Abänderungen vom Kalksteine nicht kohlensaure, sondern wahre gekohlte Kalk-

*) *Mem. de l'Acad. Roy.* 1784. *p.* 593. Es ist gar nicht widersprechend, dafs in einem Stoffe ein Theil Hydrogen mit der Kohle, ein anderer mit dem Oxygen verbunden sey. Ich erinnere an die obige Note von Umhüllung der Elemente.

**) Crell's Annalen 1795. St. 12. S. 503. Auch Herr Kirwan vermuthet Kohlenstoff im Kalkstein. S. die zweite Ausgabe seiner Mineralogie S. 161., welche hoffentlich in Deutschland weniger muthwillig gemifshandelt werden wird, als die erste.

erde *) seyn sollen, veranlaſsten mich einen groſsen Vorrath dieses Fossils, den ich aus vielen Gegenden besitze, zu prüfen. Ich glaubte wie beim Lydischen Steine, durch ein so feines Reagens, als die belebte Nervenfaser ist, jene Beobachtung leicht zu bestätigen. Bisher aber bin ich in meinen Beobachtungen getäuscht worden.

Ueber die relative Wirksamkeit thierischer und vegetabilischer Theile, als Zwischenglieder Galvanischer Ketten, sind bisher noch sehr unbestimmte Beobachtungen bekannt gemacht worden. Ich glaube folgende reine Resultate liefern zu können. Ich rede von Pflanzen, wie sie sich bei trockner Frühlingsluft im natürlichen Zustande des Wachsthums befinden, nicht von solchen, die bei nasser Witterung abgeschnitten sind. Alle Stengel- Kelch- und Blüthen - Blätter (folia, foliola calycis und petala) Staubfäden und Pistille, Nectarien, Früchte mit ihrer Haut bedeckt, selbst die saftigen Stengel der Hyacinthen und Maiblumen, wo sie von der Cuticula nicht entblöſst sind, alle Moose und Flechtenarten isoliren. Man lege die jungen Blätter der Reseda odorata, eine Jungermannia complanata, petala von der Viola canina, oder einem Lichen prunastri zwischen den Schenkel einer Pincette und den zu stimulirenden Muskel, so

*) Also Verbindungen von Kalkerde und Kohlenstoff, wie in den thierischen Knochen und im kaltbrüchigen Eisen (nicht phosphorsaure sondern) phosphorhaltige Kalkerde und Eisen enthalten sind. Vergl. meine Flora Friberg. p. 138. und Gren's Handbuch der Chemie 1795. Th. 3. S. 466.

wird jede Contraction verſchwinden. Zieht man die Cuticula von dem darunter liegenden Zellgewebe ab, ſchneidet man ein Stück aus der Mitte des fetten Blattes von Meſembryanthemum deltoideum aus, ſo leiten die entblöſsten Theile. Doch iſt dieſe Eigenſchaft meiſt nach einer Viertelſtunde verſchwunden. Die Stengel der Convallaria majalis, des Lamium purpureum iſoliren, wenn man ſie mit dem kurzen Durchmeſſer Fig. 52., nicht wenn man ſie mit dem langen Fig. 53., zwiſchen die leitenden Metalle legt. Im letztern Falle bieten ſie nemlich die entblöſste Fläche der Gefäſse dar. Ganz anders, nemlich unendlich wirkſamer, verhalten ſich thieriſche Stoffe, als Nerven, Muskelfleiſch, Membranen und Blut. Ich bin durch vielfältige Verſuche überzeugt worden, daſs dieſer Unterſchied der Wirkſamkeit von der eigenthümlichen Natur der vegetabiliſchen und thieriſchen Materie abhängt, und daſs dieſe Natur, wie Herr Reil neuerlichſt ſo treffend entwickelt, das gemeinſame Reſultat der Form und Miſchung ihrer Beſtandtheile iſt. Man glaube nicht, daſs das Blatt des Meſembryanthemum deltoideum darum nur kürzere Zeit und unvollkommener leite, als ein Stück thieriſches Muskelfleiſch, weil dieſes mehr tropfbar flüſſige Feuchtigkeit, als jenes enthalte, weil dieſe ſpäter austrockne, als jenes. Nein, auch die friſch ausgepreſsten Säfte der Pflanzen ſtehen den thieriſchen weit nach. Ich drückte die Milch aus den Stengeln der Euphorbia Eſula und der Aſclepias ſyriaca, den gelben Saft des Cheli-

doneum majus behutſam aus, um die Röhre *F* (Fig. 50.) damit zu füllen. Bei matten Thieren war dieſe Verbindung von *a b* und *c d* zu unvollkommen, um Contractionen zu erregen. Friſches Blut hingegen an der Stelle der Pflanzenſäfte, zeigte ſich ſogleich wirkſam. Wenn man den Vorzug bedenkt, den das Blut in dieſer Hinſicht auch vor dem Speichel, Urine, Schleime und andern ausgeſchiedenen Säften behauptet, ſo ſcheint es wahrſcheinlich, daſs eine vegetabiliſche, oder thieriſche Flüſſigkeit, als ein deſto wirkſamerer Leiter des Galvaniſchen Fluidums erſcheint, je mehr ſie belebt iſt, das heiſst, je weniger ihre Elemente nach den, von uns erkannten, Geſetzen der chemiſchen Affinität gemiſcht ſind. Das Hauptkriterium dieſes Grades der Belebtheit iſt nun die Schnelligkeit, mit der die Säfte eines organiſchen Körpers, wenn ſie aufhören, Theile des Ganzen auszumachen, ihren Miſchungszuſtand ändern. Dieſe Aenderung tritt bei den flüſſigen Beſtandtheilen der Pflanzen ſehr ſpät ein, und ich glaube daher in meinen Aphoriſmen *) mit Recht behauptet zu haben, daſs dieſelbe ſchon dadurch ihre mindere Stuffe der Organiſation bezeichnen.

Daſs die Natur und das Miſchungsverhältniſs der thieriſchen Materie, nicht die Menge von Flüſſigkeit, welche ſie enthält, ihre Leitungskraſt beſtimmt, leuchtet auch daraus hervor, daſs ich gebratenes, gekochtes und mehrere Tage lang aufbewahrtes

*) S. *Flora Fribergenſis cryptogamica* 1792. *p.* 171. §. 10.

Muskelfleifch, felbft rohen, fehr dürren Schinken, überaus wirkfam fand. Diefe Stoffe waren den feuchteften Theilen eines Apfels nicht blofs im Effecte gleich, fondern fchienen, bei minder lebhaften Thieren, auch diefe im Effecte zu übertreffen. Sie hinderten (Fig. 1.) als Glied zwifchen der Nerven- und Muskelarmatur, die Reizung nicht, wo jene fich als Ifolatoren zeigten.

So wie die Wahl und Folge der Excitatoren bei verfchiedener Reizempfänglichkeit des Organs verfchieden feyn mufs: fo find auch einerlei Stoffe bei den hohen Graden derfelben leitend, welche es bei den minderen nicht find. Der menfchliche Körper giebt in feinem natürlichen unverletzten Zuftande, mit der Oberhaut bekleidet, ein auffallendes Beifpiel davon. Bei matten, unerregbaren Thieren ift derfelbe eben fo ifolirend, als es die mit der Oberhaut *) bedeckten Pflanzentheile, auch bei den lebhafteften, erregbarften Thieren, find. Ich legte den Schenkelnerv eines fehr reizbaren Frofches auf den Daumen, die Zinkplatte 1½ Zoll von ihm entfernt in die innere Fläche meiner linken Hand. So oft ich nun den Schenkel mit dem Zinke durch Silber verband, entftanden fchwache Contractionen. Diefelben wurden fichtbar vermehrt, wenn entweder der Nerv mit einer alkalifchen Auflöfung beträufelt wurde, oder wenn ich die Hand durch Reiben erwärmte. Im erften Falle war die Incitabilität des

**) Vergl. Pfaff a. a. O. S. 13. Gren's Journal der Phyfik, B. 8. S. 381. 319. und 205. — Dahin gehören auch meine obigen Verfuche Fig. 5. 18. 38. 39.

Organs, im andern die Zuleitung vermehrt. Denn bei der erregten Wärme sondern die ausdünstenden Gefäſse, welche in die Endigungen der Arterien eingemündet ſind, mehr Feuchtigkeit ab, und erhöhen dadurch die Leitungskraft des Oberhäutchens. Bei minder reizbaren Thieren entſteht keine Muskularcontraction, wenn (Fig. 1.) der Finger an der Stelle von *a* liegt, oder wenn man (Fig. 8.) durch die Linke *s* auf *t* drückt, mit der Rechten aber den Schenkel berührt. Das Oberhäutchen hindert den Effect; denn ſobald der Finger bis auf den Mucus über dem Corium, das iſt, bis ins ſogenannte Malpighiſche Netz verwundet iſt, ſo entſteht die Zuckung ſogleich.

Wenn man den Vorzug der Leitungskraft in den thieriſchen Säften, vor den vegetabiliſchen, und in der Cuticula der Thiere vor der der Pflanzen betrachtet; wenn man bedenkt, wie gebratenes und gedörrtes Fleiſch Wochenlang eine Eigenſchaft behält, welche das Parenchyma der ſaftigſten Gewächſe ſchon nach ſo viel Stunden verliert; ſo iſt die Vermuthung ſehr natürlich, daſs dieſs alles in der vollkommenern Organiſation der thieriſchen Materie gegründet ſeyn könnte. Soll der Begriff von dieſer Organiſations-Vollkommenheit *) von den Geſetzen der chemiſchen Verwandtſchaft, nach welchen die

*) Ich beziehe mich hier auf die neue Definition der Lebenskraft und belebter Stoffe, welche ich vor vier Jahren in den Aphorismen vortrug. Am Ende dieſer Schrift werde ich ſie näher und ſicherer zu beſtimmen ſuchen.

Beſtandtheile verbunden ſind, von der ſchnellen Umänderung ihres Miſchungsverhältniſſes (nach der Trennung vom Ganzen) abſtrahirt werden: ſo halte ich jene Vermuthung für ſehr wahrſcheinlich. Soll der Begriff ſich aber (und darauf reducirt ſich leider doch alles, was man gemeinhin unter Organiſation verſteht) auf Form der Materie, auf die mechaniſche Aneinanderreihung der Beſtandtheile zu Faſern, Gefäſsen und Häuten beziehen, ſo iſt der Abſtand der Vegetabilien von den Mineralkörpern gewiſs eben ſo unendlich, als der Abſtand dieſer von den Thieren. Nach dem wenigen, was wir von der Anatomie der Pflanzenkörper wiſſen, ſcheint die Anordnung ihrer Elemente im Ganzen zwar einförmiger, als in den thieriſchen Stoffen — aber nur im Ganzen, nicht in Vergleichung einzelner Theile. Gerade die Cuticula der Vegetabilien, welche ſich beim Galvaniſchen Verſuche ſo iſolirend zeigt, iſt ein ſchön organiſirtes prachtvolles Netz der mannigfaltigſten Gefäſse, während daſs die Cuticula der Thiere, die ſich als Conductor äuſſert, unter den ſtärkſten Mikroſkopen kaum mehr, als eine faltige Haut zeigt.

Ich fand mehr als eine Veranlaſſung, mich von der Wahrheit dieſer Behauptung zu überzeugen. Die Vaſa lymphatica der Pflanzen-Oberhaut und ihre Ausdünſtungsgefäſse hat Herr Hedwig *)

*) S. Hedwigs Sammlung ſeiner zerſtreuten Abhandlungen und Beobachtungen über botaniſch-ökonomiſche Gegenſtände B. 1. S. 116. Tab. 5.

mit der, feinen Zeichnungen eigenthümlichen Wahrheit abgebildet. Bei meiner Arbeit über das Athmen der Vegetabilien habe ich diese Hedwigsche Entdeckung zu verfolgen gesucht, das Oberhäutchen an mehr als zweihundert Pflanzen beobachtet, und mich überall nicht sättigen können an dem wunderbaren Baue dieser Hülle. Nicht blofs die Hoffnung, ähnliche Organe, *) durch welche die gasförmige Exhalation auf der thierischen Cuticula geschieht, sondern auch zugleich der Widerspruch über die sogenannten Gefäfse derselben, reizten mich an, die Epidermis am Menschen einer genauern mikroskopischen Untersuchung zu unterwerfen. Leeuwenhoeck glaubte Poren der Oberhaut gesehen zu haben, und bildete sie in seinen arcanis naturae detectis ab. Da der grofse Mann sich blofs einfacher Linsengläser bediente, welche nach Folkes und Bakers Berechnung nur 160mal vergröſsern, so glaube ich, dafs er solche Oeffnungen, wo Haare die Oberhaut durchbohrten und zufällig ausgerissen waren, für eine wesentliche, organische Porosität gehalten hat. Ich bin zwar aus vielen physiologischen Gründen und Herrn Hasens Einspritzungen überzeugt, dafs Mündungen der Gefäfse bis in die letzte verhärtete Schicht des Malpighischen Netzes, das ist, bis in die Epidermis gehen. Aber man mufs vorsichtig unterscheiden, was durch Gläser gesehen

*) Ich werde unten auf diese, für die allgemeine vergleichende Physiologie der Pflanzen und Thiere wichtige Materie von Einsaugung und Ausdünstung durch die Epidermis, zurückkommen.

wird, und was der Phyfiologe vermuthen darf. Ich wufch mir die Oberhaut an mehreren Theilen des Körpers rein ab, fchnitt mittels eines Rafirmeffers dünne durchfichtige Stücke davon aus, und betrachtete fie unter einer 312,400maligen Flächenvergröfserung. Bei der beften Beleuchtung waren keine Poren zu entdecken. Herr Fontana redet in feiner Schrift über das Viperngift *) (ein Werk, das ich nie ohne tiefe Bewunderung für die Gröfse feines Genies, feiner Empfindfamkeit und Beharrlichkeit in die Hand nehme) von einem Gewebe gefchlängelter Cylinder, oder Gefäfse, welche er unter feinem Mikrofkope fah. Dagegen behauptet ein eben fo berühmter Phyfiologe ausdrücklich: „*Reticulum Malpighii*, *aeque ac epidermis*, *ftructura* „*fimpliciffima nervis vafisque* *plane* *deftituta longiffime* „*a corii natura differunt*. **)

Allerdings zeigt auch mir, bei einer Vergröfserung von 35,700mal in der Fläche, die menfchliche Epidermis jene, von dem Florentiner Entdecker gezeichnete Formen. Die gefchlängelten Cylinder bilden theils unregelmäfsige Mafchen, ***) theils lau-

*) Felice Fontana's Abhandlung über das Viperngift, die amerikanifchen Gifte, und das Kirfchlorbeergift, 1787. S. 403. Tab. 8. F. 12. Man verwechfele diefes Gewebe ja nicht mit den Elementarfafern, welche Fontana bei blendender Beleuchtung fah, und die Alexander Monro für eine optifche Täufchung erklärte.

**) Blumenbach, *de generis humani varietate nativa*, 1795. *p.* 117.

***) Solcher Mafchen zählte ich auf meinem Mikrometer in einem Quadratzolle Oberhaut bald 8640, bald 9810, bald

fen fie in nicht anaftomofirende Zweige aus. Drei Urfachen machen es mir aber gewifs, dafs fie Falten, rugae, und nicht wahre organifche Hautgefäfse find. Denn erftens: find fie feltener, und weniger erhaben auf den glattern, bedeckten Theilen des Körpers, als auf den rauhern, der Luft entblöfsten; zweitens: laufen fie in die Nebenzweige, nicht wie Gefäfse, allmählig verengt aus, fondern behalten da, wo fie aufhören, ihren vollen Durchmeffer, und drittens: find fie von einer Breite, die zu den andern Organen der äufserften Bedeckungen in keinem Verhältniffe fteht. Nach meinem mikrofkopifchen Mikrometer beträgt diefe Breite bei vielen $\frac{1}{60}$, bei einigen aber gar $\frac{1}{32}$ einer parifer Linie. Wenn man den Focus eines convexen Erleuchtungsglafes von verfchiedenen Seiten auf diefe Fontanafchen Gefäfse fallen läfst, fo fieht man noch deutlicher, dafs fie Falten find; denn der Schatten, den fie werfen, ift fehr ungleich, und oft fcheinen fie rippenartig, oder fcharfkantig emporzuftehen.

Nicht alfo in dem feinern, mannigfaltigern Baue, zu dem die thierifchen Elemente in der Oberhaut an einander gereiht find, fondern in der fpecififken Befchaffenheit der thierifchen Materie liegt der Vorzug diefer, als leitendes Medium, vor der

11520. Wenn demnach, um eine fpielende Berechnung anzuftellen, nach Abernetty (f. chirurgifche Verfuche 1795. S. 136.) die Oberfläche eines menfchlichen Körpers 2700 Quadratzolle beträgt, worunter (freilich fehr unbeftimmt!) blofs 174 Quadratzolle Falten und Warzen ftecken, fo enthält ein Menfch über 24 Millionen jener Mafchen.

vegetabilischen Cuticula. Man lasse 12 bis 14 Menschen sich die Hände reichen, von denen die äussersten mit der Nerven- und Muskelarmatur eines Thieres in Verbindung stehen; sind zwei Personen in der Kette nur dadurch verbunden, dass sie beide den grünen Halm einer Grasart, oder eine nicht benetzte, oder von der Epidermis nicht entblösste Hanfstaude berühren; so wird jegliche Contraction fehlen. Bei lebhaften Thieren tritt dieselbe sogleich ein, als jene Personen sich entweder unmittelbar anfassen, oder dem Stengel des Grases die Oberhaut abziehen.

In diesem Versuche der kettenförmigen Verbindung mehrerer Personen zeigt sich bisweilen ein Phänomen, welches mir zu auffallend scheint, um es nicht hier zu erwähnen. Ich sah nemlich, dass unter gewissen Umständen bei 6 oder 8 Menschen, die eine Kette bildeten, die Muskularbewegungen nicht eher erfolgten, als bis eines der Glieder aus der Kette heraustrat. Dieses störende Glied war meist nur dadurch auszufinden, dass eine Person nach der andern die Kette verliess, bis man die nicht leitende traf. — Ich beobachtete Fälle, wo es umsonst war, dieser die Hände zu benetzen, um sie leitend zu machen; ein Mittel, welches doch sonst eben so wirksam ist, als wenn man den Fussboden, auf dem Menschen stehen, mit Wasser begiesst. *)

*) Vergl. auch Volta in Gren's neuem Journal der Physik B. 2. S. 143. — Das Benetzen der Hände bringt bloss eine Zuleitung von der Oberhaut in das Corium und von diesem in das innere Muskelfleisch hervor. Denn das Durchströmen geschieht von den feuchten Fingern der Rechten durch beide Arme in die Linke.

Ich fand, dafs eine und dieselbe Person zu gewissen Zeiten leitend, zu andern isolirend war, und es schien sich hier, wenn ich mich eines scherzhaften Ausdrucks bedienen darf, ein neuer Unterschied zwischen Galvanischen und Ungalvanischen Menschen darzustellen. Als ich bei meinem letzten Aufenthalte in Göttingen, im Sommer 1793, Herrn Girtanner meine Versuche über das Durchschneiden der Nerven zeigte, trafen wir beim Experimentiren selbst auf diese Isolirung durch Menschen. Der scharfsinnige Mann äufserte die Vermuthung, dafs ein rheumatischer Zustand wohl eine solche Erscheinung hervorbringen könne, und ich gestehe, dafs fast alle Erfahrungen, welche ich in der Folge darüber anstellte, diese Vermuthung bestätiget haben. Ich habe an mir selbst beobachtet, dafs ich bei einem heftigen Anfalle von Schnupfenfieber gar nicht im Stande war, mittels der wirksamsten Metalle mir die Galvanischen Blitze vor den Augen zu erregen; dafs ich jede Kette zwischen der Muskel- und

Ueber die Art, wie bei matten Thieren, wo die Oberhaut isolirt, das sogenannte thierisch elektrische Fluidum ein- und ausgeleitet werden kann, habe ich folgenden Versuch mehrmals angestellt. Man verwunde sich bis aufs Malpighische Netz einen Finger der linken Hand, und verbinde die Wunde mit der Nervenarmatur, so wird, so lang diese Verbindung dauert, sogleich eine Muskelcontraction entstehen, wenn an irgend einem andern Theile des Körpers, sey es an der rechten Hand, oder an der Schulter, ebenfalls die Epidermis abgezogen und an diese Stelle die Muskelarmatur applicirt wird. Der menschliche Körper verhält sich dann wie ein überfirnistes Metall, dessen Ueberzug an zwei Puncten weggefeilt ist!

Nervenarmatur unterbrach. So wie das rheumatiſche Uebel die Reizempfänglichkeit der Organe mindert, ſo ſchien es auch ihre Leitungskraft zu afficiren. Freilich iſt das wie? in dieſer Sache damit noch gar nicht erläutert; freilich habe ich hier und da iſolirende Perſonen gefunden, welche ſich im Genuſſe der vollkommenſten Geſundheit befanden; aber iſt es in einem ſolchen Oceane der Unwiſſenheit nicht immer ſchon gewonnen, eine Bedingung auszumitteln, wo man nicht jede determiniren kann?

Die Aehnlichkeit dieſes Verſuchs mit den elektriſchen, wo man Schläge der Kleiſtiſchen Flaſche durch eine Kette von Menſchen durchleitet, führte mich (durch eine ſehr natürliche Ideenverbindung) auf ein Factum, das ich mich beſann in den Schriften *) der gelehrten Societät zu Philadelphia geleſen zu haben. Herr Flagg erzählt aus Briefen von Rio Eſſequebo, daſs, wenn mehrere Perſonen ſich die Hände geben und die äuſserſten Glieder der Kette den Gymnotus electricus beim Kopf und Schwanz berühren, diejenigen nicht erſchüttert werden, welche durch ihre Conſtitution vor dem Ueberſtrömen des elektriſchen Fluidums geſchützt werden. „*If a number of perſons join hands and one touch* „*the Eel, they are all equally ſhocked, unleſs there ſhould* „*happen to be one of the number incapable of being affected* „*by the Eel, which is the caſe of a very worthy lady of* „*my*

*) *Tranſact. of the American Phil. Society, held at Philadelphia, Vol. II. n.* 13. Obſervat. on the Torporific Eel by Henry Collins Flagg, of South-Carolina.

„ *my acquaintance, who can handle this fish at will.*„ Von dieser *very worthy Lady* sagt der Rev. D. Stiles in einer Note, dass sie, als er sie kennen lernte, ein hektisches Fieber hatte, dass er aber vergessen zu fragen, *) ob sie im gesunden Zustande bereits eben so sicher den Zitteraal berühren konnte? Auch von gewissen Indianern und Negern wird erzählt, dass sie den Gymnotus electricus ohne Erschütterung und Schlag berühren können. — So unendlich mangelhaft diese Nachrichten in Hinsicht auf die zu erprüfende Ursache scheinen, so lehrreich sind sie doch für den Physiologen, da sie das wichtige Factum begründen, dass einige Menschen, sey es nun immer, oder nur in gewissen Zuständen, unempfindlich für die Influenz der elektrischen Fische, andere isolirend für das Galvanische Fluidum sind. Das Auffinden dieses Factums war mir um so interessanter, als mir noch kein Versuch bekannt ist, in dem die Elektricität, wenn man sie durch eine Kette von mehreren Menschen leitet, im Durchströmen durch einzelne Glieder aufgehalten wurde. Denn der längst widerlegte **) Wahn, als könnten

*) In dem sonst so vortrefflichen Wörterbuche des Herrn Gehler (B. 4. S. 879.) sollte daher nicht apodiktisch gesagt seyn, als habe Flagg "mit Auszehrung behaftete "Personen" unreizbar gefunden. Der Rev. D. Stiles sagt bloss: "I am persuaded it is something "in the constitution of the lady," was Ursach der Erscheinung ist.

**) S. Sigaud de la Fond *Précis historique des phénomènes electriques à Paris* 1781. *p.* 285.

Castraten und ihnen ähnliche, durch Ausschweifungen geschwächte Personen keine Leidner Flasche entladen, bedarf hier keiner Erwähnung, so wie die Bemerkung, dass gewisse Menschen von dem elektrischen Schlage empfindlicher erschüttert werden, als andere, mit der Frage: ob ein thierischer Körper isolirend, wie Harz und Siegellack, werden kann, nichts gemein hat. Reizempfänglichkeit und Leitungskraft sind wie die Erscheinungen der belebten und todten Materie verschieden. Ich werde an einem andern Orte zu diesem Gegenstande zurückkehren. Hier wollte ich nur beiläufig darauf aufmerksam machen, wie unbedeutend scheinende Umstände, wenn man sie mit analogen vergleicht, auf die Entscheidung wichtiger Probleme Einfluss haben können.

So wie die nicht befeuchtete Epidermis des Menschen nur im Zustande hoher Erregbarkeit leitet, so ist dagegen die erdige Faser der Knochen für sich, in jedem Zustande isolirend. Diese Eigenschaft hat sie mit allen den Theilen der Vegetabilien und Thiere gemein, welche ihren Mischungszustand (nach der Trennung vom Ganzen) wenig, oder gar nicht ändern, und daher an die unorganische Natur grenzen, mit dem Holze, den Haaren, und dem Pappus der Pflanzensaamen. *)

*) Vergl. meine *Flora Friberg. p.* 137, §. 4. und dagegen streitend Schäffer über Sensibilität, als Lebensprincip in der organischen Natur 1793. S. 18. — "einer Schrift, die (wie Herr Pfaff sich aus-"drückt) nichts als Copie der Girtannerschen Abhand-"lung über die Irritabilität ist, mit dem Unterschiede

Auffallend ist der Unterschied der Leitungskraft, wenn man das Os femoris irgend eines Thieres dem Nervenleiter so anlegt, dass derselbe bald das reine Mittelstück an der Linea aspera, bald den noch mit Knorpelrinde überzogenen innern Condylus trifft. Im erstern Puncte ist alles isolirt, der abgeschabte Knochen verhält sich wie ein unorganisches Fossil, wie Apatit und Gyps; den Condylus hingegen, besonders da, wo das Ligamentum cruciatum gegen den hintern Rand des Schienbeinkopfes zu liegt, macht die frische Knorpelrinde zu einer leitenden Substanz.

Ich komme hier auf eine merkwürdige Erscheinung, welche ich denkende Physiologen sorgfältig zu prüfen bitte. Nichts ist bekannter, als der Zustand der Empfänglichkeit, in welchen schwache vegetabilische Säuren, unreife Weintrauben, Pflaumen, Aepfel, Citronen, oder Essig den gesundesten Zahn versetzen. Der gemeine Sprachgebrauch legt dieser Erhöhung der Reizempfänglichkeit sehr unphilosophisch den Namen Stumpfheit der Zähne bei. Die sonst fühllose Krone derselben, die unverletzte Substantia vitrea wird in diesem Zustande so reizbar, dass die Berührung mit Wolle und Leinwand, Löschpapier und Kork, ja bisweilen schon die Furcht vor einer solchen Berührung ein lebhaftes Unbehagen erweckt. Herr Wedekind *) hat das

"dass das Wort Irritabilität in Sensibilität verändert
" wird."

*) Auffätze über Gegenstände der Arzneiwissenschaft 1791. S. 357.

Verdienst, die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf dieses Factum geleitet zu haben, und der grosse Hallische Physiologe, Herr Reil, *) hat sinnreiche Vermuthungen darüber aufgestellt. Was kann auch in der That auffallender seyn, als einen Theil, den wir für einen bloss erdigen Stoff halten, **) dem die Natur keine Empfindung verliehen zu haben scheint, durch Berührung einer Säure zu einer solchen Sensibilität erhöht zu sehen!

Es ist eine bekannte Erfahrung, dass der Voltasche Versuch mit Armirung der Zunge nicht glückt, wenn man, statt die untere und obere Fläche derselben mit Zink und Silber zu belegen, das eine Metall an die Krone der Zähne, das andere an die Zungenspitze applicirt. — Ich war neugierig zu wissen, ob die Zähne im sogenannten Zustande der Stumpfheit diese isolirende Eigenschaft behielten, und Herrn Wedekind's Schlüsse liessen mich das Gegentheil vermuthen. Der Erfolg meiner Versuche hat diese Vermuthung gerechtfertiget. Ich benetzte die Krone der Schneidezähne bald mit Sauerkleesäure, bald mit Essig, und nun erregten die Armaturen die gewöhnliche Empfindung in den Geschmacksorganen, ungeachtet das eine Metall bloss die Substantia vitrea berührte. Diese Empfindung war gleich stark, der Zink mochte das Zahnfleisch, den Gaumen, oder den Schmelz berühren. Hier war also die

*) Hübner *Dissert. de Caenesthesi. Hal.* 1794. *p.* 33.

**) Sömmering's Knochenlehre 1791. S. 4. §. 8. Blumenbach's Geschichte der Knochen 1786. p. 50. und 59.

kettenförmige Verbindung, welche die Wirkungen des Galvanismus voraussetzen, durch das wunderbare Geflechte des fünften Nervenpaars hergestellt. Die Zuleitung geschah vom Zinke durch die Zähne, in den Unterkiefernerven und von diesem durch die, beim dritten Hauptaste so häufigen Anastomosen in den Lingualis und dessen pinselartige Verbreitung in die Zungenwärzchen. Hier war ein erdiger Stoff auf einmal leitend, ein Stoff, der sonst jede Kette, wie Glas und Siegellack, unterbricht. Ja! ausser dem alkalischen Geschmacke auf der Zunge wurde noch, wenn die Stumpfheit der Zähne recht gross war, eine widrige Empfindung in diesen erregt. Eben so gelang mir selbst einige Male der Huntersche Versuch blitzähnlicher Erleuchtung, indem ich die obern Schneidezähne mit Silber und die obere Zungenfläche mit Zink armirte, und beide Metalle mit einander verband. Entsteht dieses Phänomen nicht aus der Verbindung des zweiten und ersten Hauptastes des fünften Paars, nemlich durch Zuleitung des vordern (vom Nervus infraorbitalis abgehenden) Zahnnerven des Oberkiefers, durch den Nasalis, in die Ciliarnerven, und von diesen (denn wirkliche Anastomose fehlt!) mittels der Sehnervenscheide, an der sie ansitzen, in den Sehnerven? Herr Reil glaubt, die Krone der Zähne, ein so unorganisches Ansehen sie auch habe, sey nicht von eigenen Nerven entblösst. Im natürlichen Zustande sey diese Empfänglichkeit unendlich schwach, durch die Säure werde sie erhöht. „*Corona*

„*dentium* *) *a caenesthesi non est destituta, cum in morbo* „*exaltetur, immo cum sensu gaudeat, haud nervis caret.* „*Acidum pomorum specificum est irritamentum, quod vi* „*pollet, exaltandi sensibilitatem dentium.*„ Eben diese Existenz der sensiblen Faser schliesst dieser Physiologe aus den, durch Whytt und Murray so fleissig gesammelten pathologischen Fällen in von Reizbarkeit Sehnen und Bändern. „*Nervos,*" heisst es in der Abhandlung von der Lebenskraft, **) „*in tendinibus se non invenisse asserunt Anatomici, et ex ea ratione illas insensibiles* „*statuere. Sed vivit tendo vix absque nervo et morbo affecta* „*sensibilitatem monstrat. Morbus vero vires novas affundere* „*non potest, sed praesentes tantum exaltare.*" So wenig ich es mir anmaassen darf, in einem so wichtigen Puncte zu entscheiden, so glaube ich doch, dass mehrere Erfahrungen mich berechtigen, einige Zweifel wider jene Schlüsse zu äussern. Die Verbindung, in welcher die Nerven mit Ernährung und Erwärmung der Theile stehen; der Einfluss, den sie auf den grossen chemischen Process der vitalen Functionen haben, lässt mich ebenfalls vermuthen, dass ein kommendes Jahrhundert uns dieselben an Orten darlegen wird, von denen wir sie jetzt ausgeschlossen glauben. Die pathologische Erscheinung aber: dass Theile zu gewissen Zeiten Schmerz erregen, welche zu andern vollkommen empfindungslos sind, lässt wohl nicht unmittelbar auf eigene Organe dieser

*) Hübner *de Caenesthesi p.* 34. — Vergl. damit Sömmering a. a. O. S. 193. §. 225.

**) Gautier *de Irritabilitate* 1793. *p.* 25. und besonders noch p. 163.

Caenesthesis schliessen, sondern läfst vielmehr noch andere Erklärungsarten zu. Sollte das ganze Phänomen nicht eine Folge veränderter Zuleitung seyn? Wir sehen täglich, dafs mechanische Erschütterungen heftige Stimuli für Bewegungs- und selbst Sinnesnerven sind, die Erschütterung mag den Nerv unmittelbar treffen, oder durch andere organisch verbundene Theile auf ihn fortgepflanzt werden. Mufs nun jede Veränderung, welche in diesem Medium vorgeht, nicht die Stärke der Fortpflanzung eben so modificiren, wie Schallstrahlen stärker durch Lebensluft, als durch kohlensaures Gas fortgeleitet werden? Ist es nicht denkbar, dafs Theile, welche wegen ihrer Rigidität fast alle Erschütterung hemmten, im krankhaften Zustande, oder durch andere Verhältnisse dergestalt verändert werden, dafs sie nun mit vermehrter Elasticität den empfangenen Stofs fortpflanzen? Ich führe diese mechanische Vorstellungsart nur zum Beispiele an; denn die meisten, wo nicht alle Reizungen der Nerven- und Muskelfaser reduciren sich gewifs auf chemische Gesetze, auf Mischungsveränderungen der Materie. Aber auch hier giebt uns die Erfahrung analoge Fälle an die Hand. Wärmestoff, der freie sowohl, als der (mit einem unbekannten Radicale *y*) im elektrischen Fluidum gebundene, ist ein wirksamer Stimulus für die incitablen Organe. Wie mannigfaltig sind nun nicht die Abstufungen der Leitungskraft für Elektricität und Wärmestoff, wie schnell wird dieselbe nicht durch die kleinsten chemischen Veränderungen modificirt? Wo gehen in der todten Natur diese Ver-

änderungen so unaufhaltsam wechselnd vor, als in dem stäts sich erneuernden, wandelbaren thierischen Stoffe? Wie wird hier, bei dem ewigen Binden und Zersetzen, bei dem Fest- und Flüssigwerden der Elemente die Temperatur bald erhöht, bald erniedrigt, das Oxygen bald angehäuft, bald ausgeschieden? Und gerade Vermehrung der Temperatur und Entweichung des Sauerstoffs können isolirende Substanzen in Conductoren der Elektricität, und diese in jene verwandeln. Wir sehen beim Galvanischen Versuche, dass (Fig. 51.) der Nerv, *n*, von Oel umflossen durch das Metall *s* nicht eher gereizt wird, als bis eine Mischungsveränderung in dem Oele vorgeht, bis man eine alkalische Solution in dasselbe träufelt, und bis das zur Seife umgebildete Oel die reizende Ursache fortpflanzt. Kann beim sogenannten Stumpfwerden der Zähne die vegetabilische Säure, unter Einwirkung der belebten Organe, nicht vielleicht eben so auf den Schmelz, wie das Oleum tartari per deliquium auf das Oel wirken?

Nach dieser Vorstellungsart bedarf es weder in der Krone des Zahns, noch im schmerzenden Knochen eigener Nervensasern, um die temporäre Sensibilität dieser Theile zu erklären. Der Unterkiefernerv des dritten Hauptastes vom fünften Paare und die der Beinhaut anliegenden, oder mit den Arterien bisweilen in die Knochen eindringenden *) Nerven scheinen mir die wahren Organe dieser Caenesthesis zu seyn. Ihr sensibler Wirkungskreis wird

*) Klint *de Nervis brachii* 1785. §. 3.

dadurch vermehrt, daſs die Stoffe, die ſie umgeben, an Leitungskraft zunehmen, und wie ſchwankend unſer Urtheil über den Ort des Schmerzes iſt, davon zeugen die zahlloſen Eigenheiten ſympathetiſcher Erſcheinungen. Auch ſtreiten directe Erfahrungen gegen die Meinung, als könne eine ſcharfe Säure die Reizempfänglichkeit des Nerven erhöhen. Ich werde am Schluſſe dieſer Schrift, wo ich meine Methode, die Temperatur der Lebenskraft nach Willkühr zu ſtimmen, bekannt mache, durch zahlreiche Verſuche darthun, daſs Säuren (wenn ſie nicht mit Oxygen überſäuert ſind) die Nervenkraft deprimiren. Die Erregbarkeit jedes Nerven wird durch unmittelbare Benetzung mit denſelben herabgeſtimmt, ja zuletzt vernichtet — eine Wirkung, die bloſs chemiſch und gar nicht mechaniſch, die Structur und Form der Theile zerſtöhrend iſt. Dagegen habe ich entdeckt, daſs alkaliſche Solutionen der mächtigſte Stimulus für die ſenſible Fiber ſind, daſs ſie die Incitabilität derſelben fürchterlicher, als Arſenikkalche und oxygenirte Kochſalzſäure, vermehren. Durch dieſe Beobachtung geleitet, benetzte ich den obern Schmelz meiner Zähne mit concentrirtem Oleum tartari per deliquium. Sind unbekannte Nervenfäden, dachte ich, Urſach jener problematiſchen Empfindlichkeit, ſo habe ich Grund zu hoffen, daſs dieſelbe auf dieſem Wege erweckt werde. Aber der Zahn blieb unempfindlich. Auch Alkohol konnte die durch Säuren erregte Stumpfheit nicht mindern. Freilich wird man einwenden, daſs verſchiedene Theile verſchiedenen Reizen gehorchen,

dafs gerade für jene unbekannte Nerven vegetabilische Säure ein eben so specifiker excitirender Stimulus seyn kann, als es die Alkalien für andere Nerven sind. Diesem Einwurfe kann ich durch directe Versuche nicht begegnen. Da aber alle sensible Organe, die ich bisher bei kalt- und warmblütigen Thieren geprüft, von Alkalien und Säuren auf einerlei Art afficirt wurden, so frage ich blofs: ob es nicht sicherer ist, statt eigene Nerven, und Nerven von so sonderbarer Natur anzunehmen, jene pathologischen Fälle der Caenesthesis auf das Phänomen der Zuleitung zu reduciren?

Eben diefs Phänomen scheint mir eine wichtige und bisher wenig bemerkte Rolle bei Stimmung der Lebenskraft selbst zu spielen. Wir sehen, dafs thierische Organe zu gewissen Zeiten mehr, zu andern weniger lebhaft von den Objecten der äufsern Sinnenwelt gerührt werden. Wir schreiben diese verschiedenartige Reizung gewöhnlich nur zweien Ursachen, entweder der Reizempfänglichkeit der Fiber, oder der Qualität des Reizes (reizenden Stoffes) zu. Sollte aber eine dritte Ursach, die Fähigkeit der thierischen Materie den Reiz auf den Nerv fortzupflanzen, sich nicht eben so wirksam dabei zeigen? Die aus dem Conductor ausströmende Elektricität afficirt uns an einem Tage mehr, als an einem andern. Sie afficirt oft dann am meisten, wenn unser Körper für andere Stimuli am unerregbarsten scheint. Hängt diese Verschiedenheit der Perception dann vielleicht nicht blofs von einem vermehrten Leitungsvermögen unserer

Muskeln ab? Ist der jugendliche, biegsamere Körper nicht schon darum reizempfänglicher, reicher an sympathetischen Erscheinungen der Bewegung und Empfindung, als die rigide Faser des Greises, weil jener die empfangenen Eindrücke schneller auf einen, oder mehrere Nerven fortleitet, wo dieser einer unmittelbaren Rührung seiner sensiblen Organe bedarf? —

Doch ich kehre zu den Gesetzen des Galvanismus zurück. Ich habe bereits eben den Unterschied zwischen der Leitungskraft thierischer und vegetabilischer Stoffe bemerkt. Gekochter Schinken, oder gebratenes Rindfleisch leitet, wenn es auch noch so trocken ist, fünf Tage lang, während dass das saftige Blatt des Mesembryanthemum dolabriforme wenig Stunden, nachdem es vom Stamme getrennt ist, bereits ein isolirendes Glied der Galvanischen Kette wird. Indem ich über diese Eigenthümlichkeit des thierischen Stoffes nachdachte, fiel ich, durch eine sehr leicht zu errathende Ideenverbindung, auf die Frage: ob manche hierländische Schwammarten, die den Thieren so nahe verwandt sind, sich als Leiter, dem Muskelfleische ähnlich verhalten sollten? Zur Entscheidung derselben stellte ich im April 1795 (bei meiner Durchreise nach Jena) sogleich eine Reihe von Versuchen an, deren Resultate mich sehr überraschten. Herr Gehler *) hat in seinem grossen physikalischen Werke dem Publicum die erste Nach-

*) Physikalisches Wörterbuch B. 5. S. 295. Vergleiche auch meinen ersten physiologischen Brief an Herrn Blumenbach in Gren's Neuem Journal B. 2. S. 121.

richt davon gegeben. Die Wichtigkeit, mit welcher derselbe dies Factum behandelt, muntert mich auf, es hier weitläufiger zu entwickeln.

Alle Schwammarten, welche im Zustande der Fäulniſs einen cadaverösen, süſslichen, thierischen Geruch von sich geben, sind eben so vollkommene Leiter in der Galvanischen Kette, als wirkliche thierische Organe. Besonders zeigen sich hierunter die Morcheln, und zwar die drei eſsbaren Arten, *) Phallus esculentus (Spitzmorchel), Elvela mitra (Stockmorchel) und Elvela sulcata, aus. Man kann aus denselben, und wenn sie bereits drei Tage ihrem Standorte entrissen sind, Zolllange Streifen schneiden, und durch diese die Muskel- und Nervenarmatur wirksam verbinden. Man glaube ja nicht, als komme den Morcheln, da sie oft nach dem Regen gesammelt werden, diese Leitungskraft nur

*) Phallus esculentus, *Lin. Syst. Veget. p.* 978. Schäffer *Fung. tab.* 199. F. 2. 5.6. Gled. *Meth. p.* 59. *n.* 4. P. acuminatus. Batsch *Elench. p.* 133. *n.* 9. Schrank *Flor. Bav. n.* 1636. — *Elvela mitra Lin. S. V. p.* 979. Schäffer *tab.* 159. Phallus brunneus Batsch *p.* 129. *n.* 2. Phallus mitra Baumg. *Flor. Lipſ. n.* 1609. Lumnitzer *Flor. Poson. n.* 1261. — *Elvela sulcata,* stirpite sulcato, rimoso, pileo plicato, adnato, crispo, nigricante. Willdenow *Flor. Ber. n.* 1158. Gleditsch. *p.* 36. *n.* 1. Phallus costatus Batsch *p.* 129. *n.* 4. Baumgarten *n.* 1608. — In Cochinchina wächst auf der Melaleuca leucadendra L. noch eine vierte eſsbare Morchelart, welche die Einwohner Nam-tram nennen, die Elvela amara des Loureiro. (S. *Flor. Cochinchin.* 1793. *p.* 854.). Die Nam-rach oder Elvela mitra dieses Schriftstellers ist aber von unserer europäischen sehr verschieden.

als feuchten Subſtanzen zu. Ich habe, von mehrern Phyſikern dazu aufgefordert, eigene Gegenverſuche deshalb angeſtellt. Die braune, im Alter faſt ſammtartige Oberfläche der Elvela mitra wurde auf Wolle und Löſchpapier abgerieben, ihre Wirkſamkeit blieb aber dieſelbe. Ich liefs ſie in kleine Stücke zerſchneiden und über dem Feuer auf Blech leiſe erwärmen. Sie dampften ſehr ſtark, wurden noch heiſs zwiſchen die Muskel- und Nervenarmatur gelegt, aber ihre Leitungskraft war nicht gemindert. Sie leiten alſo nicht wie naſſe Leinwand, und alle Waſſerhaltige Subſtanzen, ſondern wegen der eigenthümlichen Miſchung ihrer Faſer, wegen der faſt thieriſchen Natur ihrer Lymphe. Die ausgezeichnete Wirkſamkeit der letzteren vor dem Waſſer, zeigte ſich bei einem andern Verſuche recht auffallend. Ich ſchnitt eine Spitzmorchel in zwei Hälften. Die eine wurde an einen trocknen Ort, die andere in reines Waſſer gelegt. Dies Waſſer färbte ſich gelb, und um ſo ſtärker, je öfter der Schwamm darin gedrückt und gleichſam gewaſchen wurde. Nach einem Tage liefs ich die eingeweichte Hälfte ſo weit abtrocknen, daſs ſie noch um etwas feuchter als die war, welche im natürlichen Zuſtande blieb. Was erfolgte? Der Verſuch Fig. 1. glückte, als die letztere, nicht aber als die erſtere die Nerven- und Muskelarmatur verband. Demnach konnte in Rückſicht auf die Leitungskraft das Waſſer, welches die Morchel eingeſogen hatte, den Mangel der weggewaſchenen Lymphe nicht erſetzen. Den thieriſchen Stoffen, oder der Morchel an Wirkſamkeit nahe

kommend, doch aber tief ihnen nachstehend, fand ich noch; den Agaricus campestris, A. clypeatus, A. stercorarius, A. cinnamomeus Hudf., A. imperialis Batsch, A. integer Willd., Agaricus Goettingensis Humb., Boletus bovinus Baumg., Boletus luteus, Clavaria coralloides, Clavaria fastigiata, Tremella arborea Hudf., Peziza agaricoides Humb., Octospora lacera Willd., und selbst unter den neuen, von mir beschriebenen unterirdischen Gattungen, den Agaricus acephalus (Humb. *Flor. Friberg. n.* 163.) A. acheruntius (*n.* 129.) und Boletus fodinalis (*n.* 191.). Die Tremella arborea und Peziza agaricoides sind weit weniger leitend, als man aus ihrer schleimigen Substanz schliefsen sollte. Unter den Flechten fand ich die tubercula der Verrucaria baeomyces und V. icmadophila wirksam. Dagegen zeigten sich mir alle Schwammarten mit holzigen Fasern, und andere, deren Mischung (wie die Producte ihrer Fäulnifs beweisen) der thierischen Materie heterogen ist, der Agaricus flabelliformis, A. querneus Schrank, A. alneus, A. decipiens Willd., Agaricus cepaceus Humb., Boletus lobatus, Thelephora mesenteriformis Willd. Clavaria hypoxylon und unter meinen unterirdischen Gewächsen der Boletus filamentosus (*Flor. Friberg. n.* 183.) B. para-

doxus (*n.* 197.) Boletus Browni (*n.* 194.) und die Ceratophora *) Fribergensis (*n.* 115.) als isolirende Substanzen.

Diese Galvanischen Versuche mit Schwämmen scheinen kein geringes Licht über die Natur der Ma-

*) Dieses unterirdische Gewächs, mit dem an einigen Orten Zauberei getrieben wird, (quum steriles foecundet mulieres) hat abentheuerliche Schicksale unter den Botanisten gehabt. Löser entdeckte es im Anfange des 16ten Jahrhunderts in einem Bienenkorbe zu Wulfersdorff in Preussen (*flor. Prussica n.* 264.). Nun blieb es fast drei Jahrhunderte lang versteckt und ungesehen, bis ich es im Herbst 1791. zu Tuttendorff in Sachsen 350 Fuss tief, am Grubenholze fand, und in meiner Flora von Freyberg abbildete (*Tab. I. Fig.* 1. 2 — 4.). Kaum war dadurch das Interesse für die unterirdische Vegetation erwacht, so zeigte sich der, ehemals für so unendlich selten gehaltene Schwamm in Tyrol, am Westerwald und in den Harzer Bergwerken. Herr Hofmann fand ihn mit Saamenlöchern und änderte meine Benennung in Boletus Ceratophora um. (Gött. Gel. Anzeigen 1794. p. 378.). Eben dieser scharfsinnige Botanist legte der Göttinger Gelehrten Societät eine Abhandlung über das Wachsthum dieser wundersam gebauten Pflanze vor. Herr Schrader rechnet dieselbe, in seinem kritisch ausgearbeiteten *Spicilegio Florae Germanicae* 1794. *p.* 170. zum Boletus odoratus Wulf. Wenn ich Musse finde, meine vorräthigen Abbildungen unterirdischer Gewächse stechen zu lassen, und in einigen Fascikeln herauszugeben, so werde ich mich dann weitläuftiger über den Geschlechtsunterschied meiner Ceratophora äussern. — Eine derselben ähnliche Gestalt mag wohl die Fabel veranlasst haben, welche ich so eben beim Baco, wo er die unterirdische Vegetation nennt, erwähnt finde. In der Sylva sylvarum heisst es: „Fodinas Germanicas „memorant in fundo vegetabilibus foe„tescere, asseruntque operarii magicae „quid virtutis inesse quod colligi se non pa„tiantur." *Opera omnia* 1694. *p.* 868.

terie, aus der sie gebildet sind, zu verbreiten. Sie beweisen aufs unumstößslichste, daſs nicht etwa bloſs ihre entfernteren Bestandtheile denen des thierischen Muskelfleisches analog sind, sondern daſs vielmehr das Mischungsverhältniſs beider Stoffe sich völlig ähnlich ist. Auch stimmen damit die einzelnen chemischen Versuche überein, welche ich mit Morcheln und Champignons (Agaricus campestris) angestellt habe. Unter dem pnevmatischen Apparate destillirt, geben beide, wie thierische Muskeln, Nägel und Knorpel, ein leicht faulendes Wasser, kohlensaures Ammoniak und empyreumatisches Dippelsches Oel. Der Agaricus campestris ist, wie ich bereits in meinen Aphorismen über die Pflanzenphysiologie §. 11. angemerkt, reicher an Hydrogen als die Elvelen. (Drei Viertheil Unzen gaben 26,5 Cubiczolle Wasserstoffgas und 8,5 Kohlensäure.) Er naht sich mehr den vegetabilischen Stoffen. Die Morchel dagegen, besonders die Elvela mitra, enthält, wie das Ammoniak und Dippelsche Oel beweisen, eine gröſsere Menge Azote. Dieses Azote habe ich auch einzeln nach Herrn Fourcroy's Methode (*Annales de Chimie T. 1. p.* 40.) dargestellt. Ich erhielt es, wenn ich den Schwamm bei einer niedrigen Temperatur von 12 — 14° Reaum. mit schwacher Salpetersäure, die sich bei diesem Processe gar nicht zerlegen kann, übergoſs, und das Gemenge destillirte. Das übelriechende Stickgas enthielt in meinen calibrirten Gläsern zu 22 Cubikzoll 4 (also über 5,5) Kohlensäure, welche das ätzende Alkali aufnahm. Morcheln mit Wasser

ge-

gekocht und eingedickt geben eine grofse Menge thierifcher Gallert, wie auch die Nahrhaftigkeit der Suppentafeln, Gelatina tabulata, welche die Köche daraus bereiten, lehrt. Nach den neueften, (durch den Vorfall am Cimetière des Innocens, und die Wallrathfabrication veranlafsten) Entdeckungen der Parifer Chemiften wird Muskelfleifch, in verdünnte Schwefelfäure gelegt, in Fett, in Salpeterfäure, (nach Herrn Hermbftädt's Beobachtung) in eine wachsartige Materie verwandelt. Ich bin, indem ich dies fchreibe, befchäftigt, diefen Verfuch mit Morcheln zu wiederholen. Gleiche Quantitäten der Elvela Mitra und Elvela fulcata Willd. liegen erft 13 Tage in Schwefel- und Salpeterfäure, wovon jede mit 7 Theilen Waffer verdünnt ift, eingeweicht, und fchon ift die Veränderung des Schwammes in eine fettige Materie nicht zu verkennen. Das Product der Salpeterfäure ift weniger fchmierig und läfst durch Geruch, Farbe und Confiftenz wohl vermuthen, dafs es fich mit der Zeit in etwas Wachsartiges verändern werde. — Selbft in der Refpiration kommen die meiften Schwämme mit den Thieren überein. Ich glaube durch Verfuche *) erwiefen zu haben, dafs fie wie diefe, Tages und Nachts, irrespirable Gasarten, ein Ge-

*) *Flor. Fribergenfis p.* 174. Möchten doch mehr Chemiften fich mit Unterfuchung der Schwämme befchäftigen, wo noch ein weites Feld zu Entdeckungen offen ift. Wie auffallend ift nicht die Menge des reinen kryftallifirbaren Zuckers, welche Herr Günther im Agaricus campeftris, den er auf meine Bitte analyfirte, entdeckte.

menge von Hydrogen und Kohlenſäure aushauchen, und daſs ſie dies nicht im kranken Zuſtande, ſondern in voller jugendlichen Kraft, ehe der Huth ſich von der Hülle trennt, von ſich geben.

Dem Einwurfe den ich oft hören muſs, als könnte die Wirkſamkeit der Morcheln beim Galvaniſchen Verſuche, und das Azote, welches ſie in ſo beträchtlicher Menge hergeben, und von dem ihre Aſſimilationsfähigkeit (Nahrhaftigkeit) vorzüglich herrührt, nicht ſowohl dem Schwamme ſelbſt, als vielmehr den Thieren, welche ihn bewohnen, zuzuſchreiben ſeyn, dieſem Einwurfe werden Phyſiker, welche Naturproducte nicht bloſs aus Kupferwerken kennen, ſondern ſelbſt arbeiten, leicht zu begegnen wiſſen. Jeder organiſche Stoff iſt allerdings der Wohnplatz einer eigenen Thierwelt. Dieſe paraſytiſch lebenden Thiere ſind aber nicht in jedem Zuſtande dieſes Stoffes gegenwärtig. In dem friſchen Fluſswaſſer ſind kaum die erſten Keime *) (Eierchen)

*) Alle Verſuche, welche man über die Entſtehung der Infuſionsthierchen gemacht, geben unreine Reſultate, weil ſie unbeſtimmte Bedingungen enthalten, weil man die Atmoſphäre nicht kennt, welche das faulende Waſſer umgiebt, weil es Thiere giebt, welche die Siedhitze ertragen u. ſ. w. Folgendes Experiment wünſche ich einmal anſtellen zu können: Friſch unter Queckſilber bereitete, inflammable und oxygenirte Luft wird durch einen elektriſchen Funken verbrannt, und das entſtandene Waſſer wird, unter Lebensluft, dem Sonnenlichte (wohlgeſperrt) bis zur Fäulniſs ausgeſetzt. Werden ſich Thiere erzeugen, und welche Gattungen? Nur das Queckſilber, und die Wände der gläſernen Gefäſse, welche beide Eier enthalten können, erregen Bedenklichkeiten.

der Thiere enthalten, welche das faule Waſſer beleben, und deſſen Fäulniſs vermehren. Wären dieſe Thiere in jedem Waſſer gleich ausgebildet vorhanden, ſo würde die Waſſerzerſetzung uns etwas mehr als Lebensluft und Waſſerſtoffgas liefern. Eben ſo mit den Schwämmen. Ich habe friſche Morcheln und Champignons mit groſser Sorgfalt mit einer 312481maligen Flächenvergröſserung mikroſkopiſch durchſucht, und kann betheuern, daſs auſser den einzeln darin herumſchwirrenden Inſecten, beſonders Arten des Dermeſtes, Animalcula infuſoria faſt nie darin zu ſehen ſind *) Der Vibrio glutinis, die Cycliden, Burſarien und Trichiden erſcheinen freilich in den faulen Morcheln, aber dieſe giebt mit Salpeterſäure digerirt nicht mehr Stickgas, als die friſche. Die Schwämme ſind alſo weder Thiere, noch Thiergehäuſe, **) oder letzteres wenigſtens nur in eben dem Sinne, als es auch die Eingeweide der Regenwürmer ſind, in denen das Perlenthierchen (Leucophra nodulata Müll.) wohnt. Ich kann dieſe Materie nicht verlaſſen, ohne noch einige Betrachtungen hinzuzufügen, welche ſich hier gleichſam von ſelbſt aufdrängen. Ein faſt gleich gemiſchter, aber freilich unendlich verſchieden geformter Stoff bildet das Muskelfleiſch der Thiere und den faltigen Huth eines

*) Bei dieſem Durchſuchen ſchneide man die Schwämme in ſehr dünne durchſichtige Scheiben, und benetze ſie mit deſtillirtem Waſſer, um die Infuſoria, falls ſie in der Lymphe ſtecken, loszuweichen.

**) Vergl. Schrank's *Bair. Flora*, *B*. 1. *p*. 568.

Schwammes. Monate braucht er in jenem zu feiner Entwickelung, während dafs er in diefem oft in einer Nacht, bei einem Gewitter-Regen, *) in grofsen Maffen wie durch einen Zauber zufammengerinnt. Welche wunderbare Verfchiedenheit in den plaftifchen Kräften der Natur! Noch mehr: Eine unvollftändige Induction läfst uns vorausfetzen, als fey Erregbarkeit, oder die Fähigkeit fich auf einen Stimulus zufammenzuziehen, vorzüglich an das gebunden, was wir thierifchen Stoff nennen. Man vergleiche die gallerthaltigen Schwämme und Getreidearten mit der Subftanz des Hedyfarum gyrans; der Mimofa pudica und Smithia fenfitiva. Ich bin weit davon entfernt, jenen die reizbare Fafer abzufprechen, ich halte es für erwiefen, **) dafs in ihnen taufenderlei, unferm Auge unfichtbare organifche Bewegungen vorgehen; aber auffallend, oder unerwartet ift es doch immer, dafs das, fich völlig will-

*) Wie man im bürgerlichen Leben fchnelle Arbeiten für fchlecht hält, fo erlauben es fich auch viele Botaniften, von den fchnell erzeugten, rohen Säften der Schwämme zu reden. Welche Begriffe von Organifation fetzt ein folcher Ausfpruch voraus! (Vergl. Baco *Ver. Op. omn. p.* 864.).

**) *Flora Fribergenfis p.* 146 — 172. Eine merkwürdige, durch Contraction gereizter Fibern hervorgebrachte Bewegung äufsert der Sphärobolus rofaceus (Tode *Fung. Mecklenb. F. I. p.* 44.) wenn er feine Saamenkugel wirft. Etwas ähnliches gefchieht bei den Puccinien, der Ascophora und dem Pilobolus. — Vergl. auch Reil *de Irritabilitate p.* 9. *et* 62. Herr Reil unterfcheidet nur noch Fibra communis und mufcularis.

kührlich *) bewegende Hedyſarum gyrans, (welches in Hinſicht auf Bewegung viele Seewürmer, an der ſogenannten thieriſchen Natur übertrifft) bis jetzt noch ein gleiches Miſchungsverhältniſs der Beſtandtheile, wie Kohl- und Rübenarten, zeigt!

*) Die bei Tage und bei Nacht ſich zeigende völlig willkührliche Bewegung der foliola ſtipulaeformia, über welche Herr Hufeland ſo wichtige Aufſchlüſſe gegeben, dürfen ja nicht mit den gar nicht willkührlichen Bewegungen der Mimoſen verwechſelt werden. Voigt's Mag. für Phyſ. 1790. B. 6. St. 3. S. 17.

Siebenter Abschnitt.

Tafel über die Leitung des Galvanischen Fluidums — Zusammenflicken der Nerven. — Die belebten Organe brauchen nicht immer ein unmittelbares Glied der Kette auszumachen. — Länge der Leitungen — Die lebendige Nervenfaser belehrt uns, wie chemische Reagentien, über Mischung der Stoffe — Ein lebendiges Anthrakoskop — Form und Erschütterung der Excitatoren. — Dauert der Reiz fort, so lange die Kette geschlossen bleibt? — Doppelte Kette. — Was geht in den leitenden Stoffen vor? — Unterbindung des Nerven und der Arterie — Zerfleischung des Nerven und völlige Durchschneidung desselben. — Reizende und sensible Atmosphäre, sinnlich dargestellt. — Wie sie mit der Lebenskraft schwindet — Physiologische und pathologische Anwendung auf die Theorie des Getastes, des Geschmacks, der Nervenreproduction und einiger sympathetischen Erscheinungen.

Der vorstehende Abschnitt enthält die Stoffe, welche theils einzeln, theils mit einander verbunden, in Berührung mit erregbaren Organen Galvanische Erscheinungen hervorbringen. Da die Aufzählung derselben durch die Betrachtungen über ihr Mischungsverhältniss sehr unterbrochen worden ist, so stelle ich sie in tabellarischer Form hier nochmals zusammen. Unter den isolirenden Substanzen mache ich besonders auf zwei, heisses Glas und Flamme, auf-

merkſam; weil ſie mir für die Unterſuchung über die Natur des Galvaniſchen Fluidums, oder vielmehr über die materielle Urſache des Metallreizes, unendlich wichtig ſcheinen. Ich ſpare die Verſuche, welche ich zu dieſem Zwecke angeſtellt, bis zu der Widerlegung der bisher angenommenen Elektricitäts-Theorien.

Tafel über die Leitung des Galvaniſchen Fluidums.

Wirkſame Zwiſchenglieder. Excitatoren und Conductoren der thieriſchen Elektricität.	Unwirkſame Zwiſchenglieder. Iſolirende, ſtöhrende Subſtanzen.
Alle reguliniſche Metalle.	Oxydirte Metalle.
Geſchwefelte Metalle, oder Erze, welche unverkalchte Metalle enthalten.	Schwefelgeſäuerte Metalle, oder Erze, welche oxydirte, buntfarbige Metalle enthalten.
Vegetabiliſche Kohle.	Alle Luftarten, trockne und feuchte.
Steinkohle.	Thieriſche Knochen im natürlichen Zuſtande.
Graphit.	Haare der Thiere und Pflanzenblätter und Stengel, die von ihrer Oberhaut bedeckt ſind.
Kohlenblende.	Holzfaſern.
Lydiſcher Stein vom Nailaer Gebirge.	Glas, ſelbſt heiſses.
Alaunſchiefer.	Bernſtein.
Brandſchiefer.	Erhärtetes Eiweiſs.
Grau- und Schwarzbraunſteinerz.	Wachs.
Muskelfleiſch, Membranen, Nerven, Bänder und Gefäſse der Thiere, friſch, oder gekocht, gebraten und gedörrt.	Alle trockne Salze, und nicht kohlenſtoffhaltige Steine.

Morcheln und Schwämme, welche im Faulen einen cadaveröſen Geruch verbreiten.	Oel. Harz. Gummi. Lichtflamme. Luftleerer Raum.
Eiweiſs.	
Waſſer. Blut. Pflanzenſäfte.	
Pflanzentheile mit friſchem Zellgewebe und ohne Oberhaut.	
Weingeiſt. Wein. Bier.	
Säuren. Alkaliſche Auflöſungen.	
Friſche, unerhärtete Seiſe.	
Durch Säuren ſenſibel gemachte Zähne.	

Die Galvaniſchen Erſcheinungen erfolgen nicht bloſs, indem die in der Tabelle aufgeführten leitenden Subſtanzen die Muskel- und Nervenarmatur verbinden; nein! die Wirkung des Reizes wird nicht gehindert, wenn ſelbſt der armirte Nerv durchgeſchnitten und Fig. 54. mittels Metall, Morcheln und Kohle, *r s t* geflickt iſt. Ich habe auf die Weiſe Nerven ausgeſchnitten und umgekehrt, Theile warm- und kaltblütiger Thiere 14—16 Zoll lang mit einander verbunden. Dieſe Verſuche würden wenig auffallendes haben, und (wenn man die heterogenen Stoffe *n*, *r*, *s*, *u*, *t* als einen Stoff betrachtet) zu dem ſchon Fig. 47. gezeichneten Falle mittelbarer Armirung *) des Nerven gehören, wenn es zur Erregung der Zuckungen nothwendig wäre, daſs die Pincette *p* mit ihrem einen Schenkel *o*, den Muskel, oder das mit dieſem noch organiſch ver-

*) Vergl. Pfaff a. a. O. S. 164. und 228.

bundene Nervenstück *m* berührte. Wiederhohlte Erfahrungen haben mich aber zu meinem Erstaunen belehrt, dass diese Nothwendigkeit nur in einem Falle minderer Reizempfänglichkeit eintritt, dass aber, bei hoher Erregbarkeit der sensiblen Fiber, die Contractionen ebenfalls erfolgen, wenn der Schenkel *o* in Fig. 54. mit einem der leitenden Stoffe *n*, *r*, *s*, *t* (in Fig. 47. mit *f*) verbunden wird. Ich habe bereits oben in Fig. 51., wo der Cruralnerv durch frischbereitete Seife mit dem Zinke in mittelbarem Contacte stand, darauf aufmerksam gemacht; unter einer grossen Anzahl bestätigender Versuche, welche ich aufgezeichnet, wähle ich aber nur einen sehr entscheidenden aus. Am 7ten December vorigen Jahres hatte ich den Nervus axillaris einer Maus (Fig. 47.) mittels eines Froschherzes *f* mit Zink *g* in Verbindung gesetzt. Das thierische Organ war wenig reizbar und das Galvanisiren glückte nur dann, wenn ich *o* auf den Armmuskel, oder auf den in ihm inserirten Nerv aufsetzte, nicht wenn *o* das Froschherz *f* traf. Durch vorhergehende Versuche veranlasst, tauchte ich einen Pinsel in eine alkalische Auflösung und liess mittels desselben einige Tropfen davon auf den Insertionspunct des Nerven fallen, ohne den Apparat im geringsten zu verrücken. Ich berührte nur *f* mit dem Schenkel *o*, und augenblicklich stellten sich die Zuckungen ein. Diese Art zu reizen glückte 2 bis 3 Minuten lang. Die Contractionen wurden immer schwächer und erfolgten endlich nur wieder unter der vorigen Bedingung, dass *o* mit dem Nerv in unmittelbare Verbindung

trat. Ganz ähnliche Verſuche machte ich an mehreren Froſchſchenkeln, deren Cruralnerven ich auf *f* legte. Die lebhaftern zuckten (bei Applicirung der Pincette an *f*) ſchon im natürlichen Zuſtande ihrer Erregbarkeit; die trägern wurden faſt alle durch Benetzen mit Arſenikkalch, alkaliſchen Auflöſungen, oder oxygenirter Kochſalzſäure zu ähnlichen Contractionen gereizt. Bei eben dieſen letztern wurde der Stimulus durch ein paar Tropfen Alkohol wieder unwirkſam. Die erhöhte Erregbarkeit, welche ihnen künſtlich gegeben war, wurde ihnen auch wieder künſtlich geraubt. Der Alkohol machte die unmittelbare Berührung zwiſchen dem Nerv und dem Pincettenſchenkel *o* nothwendig, und tilgte bald darauf auch die letzte Spur der Irritabilität. In der Zeichenſprache ausgedrückt iſt daher die Formel: Nerv $\underbrace{H\ P\ p}$ eben ſo gut poſitiv, als die: $\underbrace{\text{Nerv}\ H\ P\ p}$.

Dieſer Fall Fig. 51., in dem Galvaniſche Erſcheinungen erfolgen, ohne daſs die belebten Organe ſelbſt ein unmittelbares Glied der Kette ausmachen, iſt, ſo viel ich weiſs, noch nie vorher beobachtet worden. Doch iſt ſein Einfluſs auf die bisherigen Theorien vom geſtöhrten Gleichgewichte eines circulirenden elektriſchen Fluidums, wie wir unten ſehen werden, ſehr beträchtlich. Auch ſteht er in unmittelbarem Zuſammenhange mit dem im dritten Abſchnitte von mir beſchriebenen auffallenden Verſuche ohne Kette, Fig. 9 bis 13. Wenn (Fig. 47.) *f*, ſtatt des Muskelfleiſches, ein Metall ausdrückt, ſo kann dieſes *f* mit der Armatur *q* als ein Ganzes betrachtet

werden, und die Formeln Nerv $\underbrace{PP}p$ und Nerv Pp find in ihrem eigentlichen Sinne gleichbedeutend. So reiht ein Phänomen fich an das andere an, und was anfangs ifolirt zu ftehen fcheint, tritt bald als untergeordnetes Glied in die grofse Kette beobachteter Wirkungen!

Bei der mittelbaren Armirung des Nerven Fig. 47. 51. und 54. fcheint die Entfernung, in welcher die Armatur vom thierifchen Organe liegt, nicht gleichgültig zu feyn. Bei minder lebhaften Individuen nehmen die Contractionen im umgekehrten Verhältniffe jener Entfernung ab, und fcheinen überhaupt nur, das Medium mag noch fo vollkommen leiten, auf eine gewiffe Weite begrenzt, über welche hinaus fie völlig aufhören. Ganz anders ift es mit der Verbindung zwifchen der Nerven- und Muskelarmatur, oder mit derjenigen Subftanz, welche als Leiter von der unmittelbar applicirten Nervenarmatur zu dem Muskel führt. Ihre Länge fcheint keiner Grenze unterworfen zu feyn. Herr Valli *) hatte Conductoren von 200 Fufs, Aldini **) führte feuchte hanfene Seile 250 Fufs weit um fein Haus zu Bologna, und beiden glückten ihre Verfuche. Man könnte diefe Vorrichtungen, wie bei den elektrifchen Experimenten des Jallabert, Sigaud de la Fond, Monnier, Winkler und Watfon (letzterer hatte Conductoren von 19200 Fufs Länge) ins riefenmäfsige vergröfsern, wenn man Flüffe zu

*) a. a. O. S. 158.

**) *Diff. de animali electricitate p.* 31.

Leitern gebrauchte. Ich habe einen vorbereitenden Verfuch der Art gemacht, indem ich die Muskel- und Nervenarmatur eines Frosches durch 45 Fufs lange Eifendräthe dergeftalt verband, dafs die Dräthe häufig zerfchnitten und (faft wie in Fig. 56.) mit ihren Enden, in Fufslange Wafferbehälter getaucht waren.

Bei den längften Leitungen der Art ift es nie möglich gewefen, einen Unterfchied der Zeit zwifchen der Entftehung der Muskelbewegung felbft, und der, 2 bis 300 Fufs davon gefchehenen Berührung der Muskel- und Nervenleiter zu bemerken. *) Da ich nun den vierten Theil einer Secunde noch fehr deutlich unterfcheide, fo ergiebt fich hieraus eine Gefchwindigkeit von 1200 Fufs in einer Secunde — eine fpielende Berechnung, da die Conductoren mit gleichem Erfolge gewifs auch 10 bis 20000 Fufs lang feyn könnten. So fchrieb der grofse Haller **) dem Nervenfafte eine Gefchwindigkeit von 9000, Sauvage von 32400, der Verfaffer des *effai fur le méchanisme des mufcles* 576000 Millionen Fufs (das ift volle 24 Millionen Meilen) in einer Secunde zu! Aus dem

*) Eine Perfon belegte die untere und obere Fläche ihrer Zunge mit einer Zink- und Silberplatte, welche fich unter einander nicht berühren, fondern von denen jede mit langen Eifendräthen verfehen ift. Kann man diefe Dräthe parallel durch eine verfchloffene Thüre leiten, hinter welcher die Enden wechfelsweife gegen einander gebogen und von einander entfernt werden, fo kann jene Perfon innerhalb des Zimmers durch Zeichen andeuten, dafs die entftehende Säure fie augenblicklich von dem benachrichtiget, was mit den Enden des Draths vorgeht — ein fpielender Verfuch, den ich oft angeftellt.

**) Phyfiologie B. 4. S. 586.

Unterschiede der Zahlen kann man schliessen, auf welche Versuche ein solcher Calcul gegründet ist!

Die bisherige Betrachtung der leitenden Substanzen führt unmittelbar auf die Idee, dass der Galvanische Versuch, wie die chemische Analyse, Aufklärungen über die Mischung der Materie giebt. Man wusste freilich schon längst, dass ein zerschnittener Nerv als lebendiger Hygrometer *) wirke; die lebhafte Art, auf welche reizbare Menschen von der zunehmenden Temperatur der Atmosphäre, oder gar von einem herannahenden Gewitter afficirt werden, zeigte unsern Körper als Thermoskop und Elektroskop. Ja, wenn wir auf einzelne Sinneswerkzeuge, auf die Zunge eines leckern Essers, oder auf das Ideal aller reizbaren Nasen, auf eine Hundsnase, **) unsere Aufmerksamkeit richten, wie geben beide nicht Unterschiede in der specifiken Mischung der Materie an, wo die chemische Diagnose uns längst verläst? Aber alles diess sind Erscheinungen der subjectiven Empfindung. Der Galvanische Versuch bietet ein Phänomen dar,

*) Herr Sömmering erklärte zuerst den sogenannten Kalender bei abgenommenen Gliedern sehr scharfsinnig aus der Feuchtigkeit, welche der Nervenknoten einsaugt, und welche durch Druck auf den Nerv Schmerz verursacht. Dieser Schmerz dauert so lange, bis die Feuchtigkeit in trockner Luft wieder verflieget. Vom Bau des menschlichen Körpers B. V. S. 142. §. 177.

**) Vergl. die geistreiche Apologie derselben in Herrn Lichtenbergs Taschen-Kalender 1795. S. 196. — Sonderbar, dass ein so fein erregbares Organ von gewissen Stimulis, z. B. von den Wohlgerüchen der Blumen gar nicht afficirt zu werden scheint, da hingegen eine Elephantennase so empfänglich dafür ist!

dessen *möglich*e Existenz man vor sechs Jahren wohl noch unter die Hirngespinste gezählt haben würde. Ein Nerv, der zu einem Bewegungsmuskel führt, mit ein paar Kubiklinien Muskelfasern organisch verbunden, zeigt an, ob zwei Metalle gleiche, oder ungleiche Mischung haben, ob sie rein regulinisch, oder schwach oxydirt sind, ob ein Fossil von Kohlenstoff, oder von einem Metallkalche tingirt ist. Die verschiedene Legirung zweier Geldmünzen ist auf die Art sehr schnell zu prüfen. Zwei alte, vollwichtige Louisneufs, oder zwei neue Goldstücke der französischen Republik erregen als Nerven- und Muskelarmatur bei *minder* lebhaften Thieren so wenig Reiz, als die sehr sorgfältig ausgeprägten Preussischen Friedrichsd'or. Dagegen entstehen (worüber Münzverständige sich eben nicht wundern werden) bei einem alten Louisneuf und den Carolins, welche seit 1794 von so vielen Seiten her am Rhein erscheinen, fast eben so heftige Muskelbewegungen, als bei Armaturen von Zink und Silber. Die belebte Nervenfaser zeigt an, ob ein Erz regulinisches, oder oxydirtes Metall, ob Bleiglanz schwefelsaures, oder geschwefeltes Blei enthält. Die belebte Nervenfaser entscheidet, ob ein organischer Stoff, er sey (wie die *Elvela Mitra*) noch so verschieden vom thierischen geformt, diesem im Mischungsverhältnisse seiner Bestandtheile gleich ist, oder von ihm abweicht. Die belebte Nervenfaser endlich verkündigt dem Chemisten den Stoff vorher, den er entdecken wird. Sie ist (ich erinnere an meine Versuche mit Lydischem Steine und Kohlenblende) ein

lebendiges Anthrakoskop, *) ein Mittel, Kohlenstoff zu entdecken, fast eben so sicher als durch Glühfeuer und Alkali. Das Anthrakoskop hat aber auch die übrigen, eben nicht belobten Eigenschaften der Instrumente, welche sich in skop und meter endigen, nemlich die, ausser der Kohle, noch manches andere mit anzuzeigen, was nicht Kohlenstoff ist, ja (wie das Hygroskop) auf Nicht-Kohle zu zeigen, wo Kohle in Menge vorhanden ist. Denn das Hygrometer belehrt uns oft von vollkommener Trockenheit, wo die gröſste Menge Wasserdampf latent schwebt, oder vielmehr man überredet uns, das Hygrometer zeige Abwesenheit des Wassers an, wo es bloſs Abwesenheit des mechanisch in der Luft hängenden Wassers anzeigt!

Aber nicht bloſs die relative Folge der Leiter in der Galvanischen Kette und das Mischungsverhältniſs ihrer Bestandtheile, auch die äussere Form derselben hat Einfluſs auf ihre Wirksamkeit. Die Lombardischen Physiologen **) waren durch die Analogie, welche sie zwischen Elektricität und Galvanismus suchten, schon längst auf diesen Umstand aufmerksam gemacht, und Herr Pfaff ***) hat seiner ebenfalls erwähnt. Ich begnüge mich daher, hier nur eines einzigen Versuchs zu erwähnen. Zwei Goldstücke *a* und *b*, von denen das erstere zur

*) S. meine Abhandlung über ein neues Anthrakoskop in Crell's Annalen 1795. B. 2. S. 3.

**) Aldini *l. c. p.* 41.

***) a. a. O. S. 231.

Nervenarmatur diente, waren durch einen darauf gelegten sehr glatt polirten stählernen Stab mit einander verbunden. So lange derselbe, wie Fig. 55. die Goldmünzen mit der flachen Seite berührte, brachte die Verbindung von *b* und dem Schenkel mittels Blei *c* keine Muskelbewegung hervor. Kaum aber wurde er (wie Fig. 56.) mit der scharfen Kante auf *a* und *b* aufgesetzt, so fand ich den Muskelleiter überaus wirksam. Es erfolgten heftige und dauernde Contractionen.

So wie bei weniger lebhaften Thieren das gegenseitige Berühren scharfkantiger Armaturen den Effect verstärkt, so befördert auch eine leise Erschütterung denselben. Ich sage vorsetzlich nur, dass sie denselben befördern, denn die Meinung, dass Erschütterung, oder unmittelbare Berührung zweier Metalle zur Hervorbringung Galvanischer Erscheinungen nothwendig sey, ist (in so vielen Schriften sie auch vorgetragen ist) völlig ungegründet. Ich habe mich davon durch eine Reihe sorgfältig angestellter Versuche, deren ich bereits im Anfange des vierten Abschnitts erwähnt, zu überzeugen gesucht. Der Apparat in Fig. 1. 23. 24. 26. und 43. in dem Metall und Metall sich nicht berühren, erschüttert jedes Organ im Zustande höherer Reizbarkeit. Ja! ich habe es in diesen positiven Fällen ganz gleichgültig gefunden, ob die feuchten Stoffe, welche die Metalle von einander trennen, aus dünnen, oder Zolldicken Scheiben bestehen. Auch Erschütterung der Armaturen ist im Zustande hoher Incitabilität schlechterdings unnöthig.

Wo Muskelfleifch zwifchen den Metallen, wie Fig. 43. liegt, zeigt die Natur der leitenden Glieder fchon, dafs die Bewegung, welche etwa beim Schlieffen der galvanifchen Kette in *n* erregt wird, nach *s* und *t* eben nicht fonderlich fortgepflanzt werden kann. Noch deutlicher fällt diefer Verdacht der Erfchütterung in Fig. 2. weg, wo das Stück Muskelfleifch *z* leife an *x* und *y* herangefchoben ward, oder gar im Verfuch Fig. 57., wo die Contraction des fehr lebhaften Frofchfchenkels *t* in dem Augenblick eintrat, als ich die Muskelarmatur *q* mit ihrem vorderen Ende *e* in den kleinen Wafferftreifen *rs*, der von der Nervenarmatur *p* ausging, hineinzog. Ich könnte, um an etwas noch feineres zu erinnern, auch des wunderfamen Falls Fig. 37. erwähnen, wo der Muskelleiter blofs die fenfible Atmosphäre des thierifchen Stoffes *n* traf. Den confequenten Skeptiker werden aber alle diefe Experimente nicht überzeugen. Denn Erfchütterung ift nur eine Gattung der Bewegung, und wo wird in der äufseren Sinnenwelt eine Erfcheinung ohne Bewegung denkbar! Selbft in Fig. 37. können die feinen Theile, welche die fenfible Atmosphäre bilden, den von *a* empfangenen Stoff auf *z* fortpflanzen!

In dem Zuftande minderer Incitabilität befördert die leifefte Erfchütterung den Effect Galvanifcher Verfuche, und zwar auf zweifache Art, entweder indem fich die metallifchen Armaturen unter einander erfchüttern, oder indem der gereizte thierifche Stoff allein erfchüttert wird. Der erftere Fall ift allgemein bekannt, der letztere aber wenig beobach-

tet. Ich hatte, (wie in Fig. 28.), die Silberplatte *c* auf die Nervenarmatur von Zink *a* gelegt; auf *c* ruhte abermals Muskelfleifch *b*; ftatt des Ausladers *k* bediente ich mich eines Stücks gekochten Schinken, welches in einen langen aber fchmalen Riemen gefchnitten war; das eine Ende deffelben lag auf *b* auf, indem ich das andere mit der Pincette in der Luft hielt. Drückte ich diefes allmälig und leife an den matten Frofchfchenkel *l* an, fo blieb derfelbe ungereizt; liefs ich daffelbe aber etwa eine Linie hoch auf *l* herabfallen, fo erfolgten lebhafte Muskelerfchütterungen. Man glaube nicht, dafs bei diefem Verfuche auch eine Erfchütterung in *b* ftatt gefunden habe. Denn wenn ich den fchmalen Riemen auf *l* auflegte und vier Linien hoch auf *b* fallen liefs, fo blieb alles in Ruhe. Ja! diefe Ruhe wurde ebenfalls nicht unterbrochen, wenn ich, indem der Muskelleiter fanft an *l* angedrückt wurde, dicht daneben ein, nicht zur galvanischen Kette gehöriges Metall auf den Schenkel fallen liefs. Die beobachtete Erfcheinung gehört alfo recht eigentlich zum Wefen des Galvanismus, und läfst fich keinesweges aus der Eigenfchaft*) belebter Körper, durch mechanifche Erfchütterungen zu gröfserer Reizempfänglichkeit erweckt zu werden, erklären.

Dauert der Reiz fo lange fort, als die Kette, (welche die Armaturen mit den thierifchen Organen bilden,) gefchloffen bleibt; oder ift feine Wirkung auf den Moment eingefchränkt, wo die unterbrochene

*) Reil et Gautier *de Irritab. p. 7.* Note.

Kette von neuem ſich ſchlieſst? *) Dieſe Frage iſt nicht ſo leicht zu beantworten, als es bei einer flüchtigen Betrachtung des Gegenſtandes ſcheint. Iſt nicht von der Reizung, von dem Effect des Reizes, ſondern von dieſem, dem Stimulus ſelbſt, die Rede, ſo fehlt es an allen Datis zur Entſcheidung. Die materielle Urſach, welche (bei dem Schluſs der galvaniſchen Kette) die Muskelerſchütterung veranlaſste, kann immer noch fortdauern, wenn auch die Contraction ſelbſt längſt aufgehört hat. Dauert ſie in gleicher Stärke fort, ſo kann ſie vielleicht nur darum keine neue Contractionen erregen, weil ſie als ein habituell gewordener Reiz wirkt. (Nähern wir uns zum erſten Male der duftenden Atmoſphäre einer Blume, ſo werden Geruchswerkzeuge angenehm davon gereizt. Bleiben wir in gleicher Nähe, ſo hört die Reizung auf, oder der Eindruck wird wenigſtens unendlich ſchwächer, obgleich die Pflanze fortfährt, ihre wohlriechenden Theile gasförmig **) auszuſtreuen.) Dauert die Urſach der Galvaniſchen Erſcheinung nach Berührung der Armaturen zwar fort, aber nicht in gleichem, ſondern in geringe-

*) Pfaff a. a. O. S. 26. 27. und 207.

**) Gasförmig zwar, aber nicht permanent, das ſcheint mir daraus zu folgen, daſs alle Blumen bei Abend ſtärker duften. Ich glaube nemlich, daſs in der kühlern Abendluft das dampfförmig expandirte Aroma eines Theils Wärmeſtoffs beraubt, und verdichtet wird. Verſuche über dieſen ſpiritus rector ſind freilich ſchwierig; aber es gereicht den Chemiſten doch nicht zur Ehre, daſs ſeit Boerhaave darin ſo gar nichts geſchehen iſt.

rem Grade, ſo iſt es ganz in der Natur der irritablen Fiber gegründet, nach Anbringung eines heftigen Stimulus, einem ſpecifik ähnlichen, ſchwächeren nicht zu gehorchen. Wenn wir unſere Zunge mit concentrirter Eſſigſäure benetzen, ſo bringt die mit Waſſer diluirte keinen ſauren Geſchmack hervor. Ich glaube alſo, daſs das Nichterfolgen einer Reizung für die Abweſenheit des Reizes nicht entſcheidet. *)

Frägt es ſich hingegen, ob die Muskelbewegungen oder Empfindungen, welche das Galvaniſiren erregt, fortdauern, auch wenn die Kette bereits geſchloſſen iſt, ſo glaube ich, dieſe Frage für einige

*) Von dem umgekehrten Fall, ob die Reizung fortdauere, wo der Stimulus removirt iſt, ſagt Herr Reil *(l. c. p. 52.)* „*In quibusdam vero organis praecipue involuntariis* „*motus ultra irritamentum perdurare videntur: a tar-* „*taro quippe emetico, rejecto iam illo, demum emeſis* „*ſequitur.*" Iſt aber die Abweſenheit des Stimulus nicht oft bloſs ſcheinbar und hat der ausgebrochene tartarus emeticus nicht gerade das zurückgelaſſen, was die Quer- und Längenfaſern des Magens zuſammenzieht? Viele Erſcheinungen des belebten Körpers entſtehen durch Reaction des Organs *y* auf das Organ *x*. Wir halten oft den Stimulus, welcher *y* veranlaſst, auf *x* zu wirken, für den ſpecifiken Reiz von *x*. Zeigt denn dieſs letzte Organ eine Veränderung noch dann, wenn der Reiz ſchon removirt iſt, ſo glauben wir, der motus in *x* habe ultra irritamentum fortgedauert, obgleich derſelbe nur eine Folge der ſimultanen Einwirkung des Organs *y* iſt. — Dieſe ſorgfältige Unterſcheidung möglicher Fälle ſcheint mir für die Phyſiologie, welche an unauflöslichen Problemen ſo reich iſt, ungemein wichtig, und der groſse Halliſche Phyſiologe, deſſen Arbeiten ich ſo ſehr bewundere, wird beſcheidene Zweifel mir nicht verargen.

Fälle aus eigenen neuen Erfahrungen bejahen zu können. Dem Voltaschen Zungenversuche, der fortdauernden Geschmacksempfindung, welche man bisher für diese Bejahung anführte, wurde sehr richtig entgegengesetzt, dass es physisch, wie moralisch unmöglich sey, ein so bewegliches Organ, als die Zunge, zu zähmen, und dass gerade dann, wenn wir alles in Ruhe wähnten, die kleinste Verschiebung eines Zungenwärzchens unter der Armatur, eine neue Berührung der Kettenglieder, und also eine neue Reizung veranlasste. Dazu giebt ein Contact der Armaturen an der Zunge und der spongiösen Substanz der Oberzähne nur einmal die leuchtende Erscheinung vor den Augen, und eine Berührung des Froschschenkels mit dem Muskelleiter bringt nur eine Contraction in jenem hervor. Nach diesen Erfahrungen schien es also nur zu gewiss, dass die Dauer der Reizung auf den ersten Moment des Contacts eingeschränkt sey. Neue Versuche haben mich aber vom Gegentheil belehrt. Ich liess, um dieselben gründlich anzustellen, zwei Blasenpflaster auf meinen eigenen Rücken legen. Die Wunde war mit einer grossen silbernen Münze armirt. Die Zuleitung geschah durch Zink. Nach einmaliger Berührung mit demselben schwollen die Schulter- und Halsmuskeln wechselsweise, unter heftigem Brennen, auf. Ich unterschied, gleich nach Oeffnung der Blase, deutlich drei bis vier einfache Schläge. *) Zwei davon traten oft erst ein, wenn

*) Vergl. meinen ersten Brief an Herrn Blumenbach (Gren's Neues Journal B. 2. S. 119.)

der Zink ſchon längſt auf der entblöſsten Haut ruhte. Dieſe Erſcheinung hing übrigens ganz mit der Reizempfänglichkeit des Organs zuſammen. Denn, als die Wunde eine halbe Stunde lang der Luft ausgeſetzt war, und das Malpighiſche Netz erhärtete, fühlte ich bei einem Contact auch nur eine Muskelerſchütterung. Es wurden einige Tropfen alkaliſcher Solution unter die Armatur getröpfelt, und nun zeigten ſich, mit erhöhter Irritabilität des Organs, unter heftigeren Schmerzen, auch ſogleich die drei- und viermaligen Contractionen wieder. Die Dauer derſelben blieb indeſs auf eine oder zwei Secunden eingeſchränkt, dagegen die brennende Empfindung in der Wunde unaufhörlich und in gleich hohem Grade anhielt, ſo lange die beiden Armaturen unter einander und mit meiner Schulter in Berührung lagen. Die breite Fläche, welche die Metalle bedeckten, die horizontale ruhige Lage, welche ich derſelben gab, und die geringe Beweglichkeit der trägen Rückenmuskeln ſchloſſen hier den Verdacht, als würde der Contact der Galvaniſchen Kettenglieder unmerklich aufgehoben und erneuert, vollkommen aus.

Wenn in dem gewöhnlichen Fall (Fig. 8.) zwei Metalle *t* und *r* mit einem incitablen thieriſchen Organe *r*, in wechſelſeitiger Berührung ſtehen, ſo iſt eine neue Verbindung von *t* und *r* durch einen dem *r* homogenen Muskelleiter *s* nicht fähig, neue Muskelbewegungen hervorzubringen. Eine galvaniſche Kette kann alſo gleichſam nur einmal durch homo-

gene Glieder geſchloſſen werden. *) Iſt der Muskelleiter *s* aber verſchieden von *r*, ſo beſtimmt ſich der Erfolg nach der relativen Mächtigkeit, oder Präponderanz der Excitatoren. Iſt nemlich das zuerſt applicirte Schluſsglied *r* in Verbindung mit der Armatur *t*, wirkſamer, als das zweite *s* in Verbindung mit *t*, ſo wird dieſes keine neue Reizung hervorbringen. Dagegen habe ich dieſelbe meiſt beobachtet, wenn *s* und *t* eine höhere Stufe der Excitationsfähigkeit, als *r* und *t*, behaupten. In Fig. 2. zum Beiſpiel entſtand eine Muskelbewegung, als ich *z* zwiſchen *x* und *y* ſchob. Eine zweite folgte, als (während, daſs *x*, *z* und *y* in Contact blieben,) Zink *t* an den Schenkel, und Silber *s* an den Nerv applicirt wurden, und dieſes Metall jenes berührte. Warum? Weil die Verbindung der irritablen und ſenſiblen Fiber durch metalliſche Stoffe wirkſamer, als durch thieriſche iſt. Dauert daher die erſtere Verbindungsart durch *t* und *s* fort, und die Kette *y z x*, wird abwechſelnd geſchloſſen und geöffnet, ſo erweckt dieſe Veränderung keine neue Muskelbewegung. — Eben ſo erfolgt die Reizung, wenn in Fig. 8., (wo *t* Gold und *r* Zink bedeutet), *r* nach *s* applicirt wird, nicht aber, wenn *s* erſt nach der Anlegung von *r*, in Berührung mit *t* tritt. Denn *r* und *t* iſt mächtiger, als *s* und *t*.

*) Bei dem Fall Fig. 39., welcher ſich auf Belegung mit einer verdampfenden Feuchtigkeit bezieht, iſt bereits oben, am Ende des vierten Abſchnitts, angemerkt, daſs die Verkettung vom Nerven durch *r*, *z*, den linken Arm und den rechten nach *s*, die allein wirkſame ſey.

Schon im Eingange dieſer Schrift über den Muskelreiz habe ich die Frage unterſucht, was in der galvaniſchen Kette, während der Reizung, in den leitenden Stoffen vorgehe. Damals war aber bloſs von den Nebenwirkungen auf die unbelebte Materie die Rede. Hier komme ich auf den Fall, wo eine erregbare belebte Subſtanz ſelbſt als Leiter dient, (wie *x*, *y* und *z* in Fig. 2., oder *m* und *n* in Fig. 44.) — ein Fall, deſſen Erörterung die Anſtellung ſehr feiner und zuſammengeſetzter Verſuche vorausſetzt, und kein geringes Licht über die verborgene Natur des Galvanismus zu verbreiten verſpricht.

Das bekannte Experiment, in welchem man das (hypothetiſch angenommene) Galvaniſche Fluidum durch eine Reihe von Menſchen, die ſich die Hände reichen, durchſtrömen läſst, ohne daſs dieſe Menſchen eine Empfindung davon haben, *) hatte faſt alle Phyſiologen zu der Behauptung veranlaſst, der Metallreiz wirke nur auf die Organe, an welche die Armaturen unmittelbar applicirt ſind. Herrn Volta's Scharfblick konnte das Irrige und Uebereilte dieſer Behauptung nicht entgehen. Er ſagt ausdrück-

*) Eine vornehme Perſon, welche ſehr an magnetiſchen und elektriſchen Wunderkuren hing, verſicherte mich, ſo oft ſie in der Galvaniſchen Kette ſtand, ein eigenes Gefühl der Wärme zu haben. Ich lieſs, ohne daſs ſie es wuſste, die metalliſchen Armaturen ſammt dem präparirten Thiere wegnehmen, und — das Gefühl der Wärme dauerte fort, ja es wurde noch lebhafter, als ich mit ernſter Mine verſicherte, neue und wirkſamere Metalle applicirt zu haben!

lich in seinem ersten Briefe *) an Herrn Vassali: „Es werden vier oder mehrere Personen isolirt, und „mit einander in leitende Verbindung gesetzt; so „dass der eine mit dem Finger die Spitze der Zunge „seines Nachbars, und ein anderer, auf eine ähnliche „Art, den blossen Augapfel seines Nachbars be„rührt, die beiden andern aber mit den nassen Fin„gern einen frisch präparirten Frosch halten, der eine „an den Füssen, der andere an dem Rücken dessel„ben; der erste in der Reihe nehme eine Zinkplatte „in die blosse nasse Hand, und der letzte eine Silber„platte, die sie in wechselseitige Berührung bringen; „so wie diess geschieht, entsteht sogleich auf der „Spitze der Zunge, die von dem berührt wird, wel„cher in der andern Hand den Zink hält, ein saurer „Geschmack, und in dem Auge, das von dem Fin„ger eines andern berührt wird, ein Schein von „Licht, und die Schenkel des Frosches, der zwi„schen den beiden Händen gehalten wird, werden „heftig in Zuckungen gesetzt. Hier durchläuft also „das elektrische Fluidum diese ganze Kette von Per„sonen: warum diese aber keine Erschütte„rung in den Armen verspüren, darauf läfst sich „leicht das antworten, dass der Strom nicht hinrei„chend heftig dazu ist, dass er es aber genugsam ist, „um diejenigen Nerven, welche empfindlich genug „sind, und durch welche das gesammelte und ver„dichtete Fluidum geht, zu excitiren, nemlich die „Nerven des Geschmacks, des Gesichts, und die „Cruralnerven des Frosches, die sich alle bei dem

*) Deutsch in Gren's Neuem Journal 95 B. 2. S. 143.

„angeführten Versuche im Durchgange des elektri-„schen Stromes befinden." Herr Volta glaubt demnach, dafs das galvanische Fluidum im Fall Fig. 47. in *f* bereits eben so reizend, als in *r* sey, und dafs es nur an der mindern Erregbarkeit der sensiblen Fiber von *f* liege, wenn diese nicht eben solche Contractionen, als *r*, zeigen.

Eine Reihe mühsamer Versuche läfst mich glauben, dafs die Wahrheit, wie bei so vielen Streitfragen, alfo auch hier, zwischen diesem vortreflichen Physiker und seinen Gegnern in der Mitte liegt. Es scheint mir nemlich, *) als sey das circulirende unbekannte Fluidum zwar allerdings schon in jedem Theile der Galvanischen Kette excitirend, als äufsere sich aber diese excitirende Kraft, auch bei gleicher Reizempfänglichkeit der Organe, in ungleich höherem Grade bei denen, welche unmittelbar armirt sind, als bei denen, welche von den Armaturen entfernter liegen. Mit diesem Satze stimmen folgende Beobachtungen überein:

Einem getödteten **) Frosche wurde der rechte und linke Schenkel abgelöset. Die Incitabilität des

*) Dies Gesetz ist nicht ganz richtig in meinem dritten Briefe an Herrn Blumenbach (Gren's N. Journal B. 3. H. 2. S. 169.) ausgedrückt. Ich hatte die Versuche noch nicht genugsam vervielfältigt.

**) Alle Thiere, mit denen ich je experimentirt, habe ich durch Abschneiden des Kopfes und Durchbohren des Rückenmarkes zu tödten gesucht. Ich füge diese Anmerkung einmal für immer bei, um den unangenehmen Eindruck zu mildern, den eine Sammlung zooto-

Thieres war gering. Der Cruralnerv *a* des rechten Schenkels wurde mit Zink *M* (Fig. 58.) armirt, und der Cruralnerv *b* des linken Schenkels mit *M* durch *a* verbunden. Hier blieb aber der zu *a* gehörige Muskel unerſchüttert. Ich erhöhte die Reizempfänglichkeit von *a* durch einen Tropfen einer alkaliſchen Auflöſung, und nun — traten die Contractionen im vorgedachten Falle ein. Eben dies bemerkte ich mehrmals bei Thieren, die einen natürlich hohen Grad der Senſibilität hatten. Es kommt allein auf den Zuſtand der Erregbarkeit von *a* an, denn wenn *a* ein lebhafteres, *b* ein matteres Organ iſt, ſo verſchwinden ſogleich die Muskelbewegungen des unmittelbar armirten Theils, wenn man *b* an die Stelle von *a* legt, und nun mittelbar armirte *a* und *M* verbindet.

Ich hatte mir zwei Blaſenpflaſter auf den muſcul. deltoid. der rechten und linken Schulter legen

miſcher Verſuche bei einer gewiſſen Klaſſe reizbarer Leſer erregen muſs. Nach meiner eigenen Art zu empfinden, würde ich ohne dieſe Vorſicht, die Thiere vorher zu tödten, auch nicht einen einzigen Galvaniſchen Verſuch je haben anſtellen können. — Ob aber einzelne abgeſchnittene Theile eines nicht zuſammengeſetzten, nicht polypenartigen Thieres für ſich empfinden, mögen die Pſychologen entſcheiden. Mit unſern Ideen von Einfachheit des Gefühls ſtimmt es wohl nicht überein, daſs aus einem Froſch ohne Kopf, der in der Gegend des Beckens in zwei Hälften geſchnitten wird, von denen ſich jede für ſich Tage lang ſchauderhaft umher bewegt, zwei empfindende Weſen werden können. Ja! die Bewegung dauert ja in jeder Cubiklinie Muskelfleiſch fort, in welche das Thier zerfetzt wird! — Dieſer Troſtgrund ſcheint doch etwas ſicherer, als der, welchen einige ältere Entomologen von der Stupidität und dunkeln Empfindung der geſpieſsten Käfer hernahmen!

lassen. Ein präparirter Froschschenkel ruhte auf der linken Wunde. Die rechte war mit Zink bedeckt. Der Schenkel hüpfte (ungeachtet er 8 Zoll vom Metall entfernt lag), sobald ein Silberdrath ihn und den Zink verband. Meine theilweis entblöfste Cutis leitete also unter der Oberhaut, welche eine Brücke zwischen beiden Wunden bildete, das Galvanische Fluidum weg. Ich selbst fühlte dabei weder Pochen noch Brennen. Keine Bewegung meiner Rückenmuskeln war zu sehen. Auch konnte sie, durch Benetzung der Wunde mit oxygenirter Kochsalzsäure, nicht hervorgebracht werden.

Besser gelang es mit folgendem Versuche: Der Schenkelnerv eines Wasserfrosches *r* war (wie in Fig. 47.) mittels eines pulsirenden Herzens *f* mit der Armatur *q* verbunden. Die Pulsationen waren schwach, kaum 6 — 8 auf eine Minute. Als der Conductor *p* den Zink und *r* berührte, änderten sich die Schläge des Herzens nicht. Ich liefs einen mäfsigen elektrischen Schlag aus der Kleistischen Flasche durch das Herz gehen. Er wirkte nach Wunsch, und die Pulsationen stiegen bis 14 in einer Minute. Auch waren sie kräftiger und ausdauernder. Ich wiederholte die Verbindung von *r* und *q*, und nun bemerkte ich mit grofser Freude, dafs in dem Augenblick der Erschütterung von *r* das Herz sich aufser dem Tacte krampfhaft erhob. Ja! es war auffallend, wie, selbst einige Secunden nachher, die Pulsationen schneller auf einander folgten. Ich konnte durch Reizung von *r* in einer Minute bis auf 19 Schläge hervorlocken.

Bei diesen Versuchen, von denen ich nicht mehrere herausheben will, blieb in jedem Falle der Apparat der Verkettung derselbe. Nur die Reizempfänglichkeit des zu leitenden Organs wurde erhöht. Der Schluſs ist also sehr natürlich, daſs, wenn auch (Fig. 58.) *a* unerschüttert blieb, das galvanische Fluidum doch bei seinem Durchgange nach *b*, als Stimulus, aber nicht als ein, der Erregbarkeit von *a* angemessener Stimulus wirkte. Da ferner, wenn *a* und *b* beide Contractionen erleiden sollten, (indem man *b* und *M* durch ein Metall verbindet,) *a* erregbarer, als *b* seyn muſs, so folgt hieraus gegen die Voltaische Theorie, daſs der Stimulus heftiger in den äuſsersten, als in den innern Kettengliedern ist. Auf welchen zusammengesetzten Bedingungen beruhen demnach nicht die, für so einförmig verrufenen Erscheinungen des Galvanismus?

Wenn sich Bewegungsnerven *), auch bei gesundem Körper, nur selten in einem Zustande der Incitabilität befinden, in welchem sie von dem durchströmenden Galvanischen Fluidum merklich afficirt werden, so haben dagegen die Sinnennerven des Menschen einen so groſsen Vorzug der Empfindlichkeit, daſs sie jene Reizung, nicht in der Ausnahme,

*) Ich bediene mich bisweilen der Kürze wegen dieses uneigentlichen Ausdrucks, statt des passenderen: Nerven, die zu Bewegungsmuskeln führen. Die Sinnennerven mögen eben so gut feine Bewegungen hervorbringen, und wer mit Darwin einen Sinn für Wärme annimmt, muſs gar alle Nerven für Sinnennerven erklären. (Vergl. dagegen Herrn Hildebrandts musterhaftes Lehrbuch der Physiologie 1796 S. 49, und vorzüglich Sömmerings Hirnlehre. §. 122.)

ſondern faſt immer, erleiden. Ich erinnere hier an den merkwürdigen Fall, deſſen ich ſchon in meinem dritten Briefe an Herrn Blumenbach (a. a. O. S. 168.) erwähnt habe. Eine zwei Zoll breite Wunde meiner rechten Schulter war mit Zink, eine ähnliche Wunde der linken mit Silber armirt. Ein Eiſendrath, welcher mit dem Zink zuſammenhing, ging mir durch den Mund, (und zwar zwiſchen der Oberlippe und der ſpongiöſen Subſtanz der Oberzähne,) einer zweiten Perſon aber über die Zunge weg. Als nun der Eiſendrath gegen das Silber gebogen ward, und mit ihm in Berührung trat, ſah man meinen Muscul. cucullar. lebhaft zucken, ich fühlte ein ſchmerzhaftes Brennen und Pochen in der Schulter, ich ſahe ein blitzähnliches Leuchten vor beiden Augen, und die zweite Perſon ſchmeckte die Säure auf der Zunge. Alle dieſe heterogene Erſcheinungen waren in einem Augenblicke vorhanden, ungeachtet der Communicationsdrath eine Länge von einigen Fuſsen hatte.

Iſt aber, was von den belebten Organen des Menſchen ausgeht, nur ſpecifiker Reiz für menſchliche Organe? Wenn man den Nerv und Muskel eines Waſſerfroſches mit heterogenen Metallen armirt, und dieſe, mittels eines Eiſendrathes, verbindet, der über die Zunge weggeleitet wird; ſo entſteht (die Erregbarkeit des Thieres mag auch noch ſo groſs ſeyn,) nie die Empfindung der Säure. Anders iſt der Erfolg, wenn man die Zunge den armirten Organen näher bringt. Der Schenkelnerv eines Waſſerfroſches ſey mit Zink armirt, dieſe und die

Zunge verbinde ein ſilberner Drath. So oft nun die Zungenſpitze den Froſchſchenkel berührt, wird die Contraction des Muskels und die Säure gleichzeitig erregt. Eben dieſes geſchieht, wenn in Fig. 1. die Zunge die Stelle von *a* einnimmt. — Wenn man dieſe Verſuche mit dem, an meinen Schultern angeſtellten zuſammenhält, ſo folgt daraus, daſs ein Stimulus, der von den Nerven kaltblütiger Thiere ausgeht, zwar allerdings auch die Nerven warmblütiger Thiere reizt, daſs die Reizung aber, unter andern Bedingungen eintritt, als wenn bloſs menſchliche Organe mit einander verkettet ſind.

Da die natürlichen Muskelbewegungen durch Unterbindung der Nerven und Arterien, welche einem Muskel eigenthümlich ſind, ſo lange das Band nicht gelöſet iſt, gehemmt werden, ſo muſsten die Phyſiologen von ſelbſt darauf fallen, dieſe Hemmung der Lebenskraft durch die Erſcheinungen des Galvanismus zu prüfen. Auch ſind Verſuche der Art vielfältig aufgezeichnet worden, welche aber faſt alle einander widerſprachen, bis Herr Valli *) die weſentliche Bedingung, von der das Gelingen oder Nicht-Gelingen allein abhängt, entdeckte. Dieſe Bedingung läſst ſich nach meinen Erfahrungen an kalt- und warmblütigen Thieren durch folgenden Satz ausdrücken: Die Unterbindung hemmt die Wirkungen des Galvaniſchen Reizes nicht, wenn dasjenige Stück Nerv, welches zwiſchen ſeiner Inſertion

*) S. Valli's Entdeckung weiter ausgeführt in Pfaff a. a O. S. 31. 210. und 225.

im Muskelfleifch und zwifchen dem Bande liegt, in Berührung mit einem ifolirenden Körper ift.

Wird daher (Fig. 59.) um den armirten Nerv *a b* in der Mitte bei *c* ein Band gelegt, und der Conductor zwifchen *c* und *a* und dann zwifchen *c* und *b* angefetzt, fo werden im erften Fall gar keine, im letzten aber fo lebhafte Muskelbewegungen erfolgen, als wenn das Band gar nicht vorhanden wäre. Diefe Erfcheinungen bleiben fich gleich, wenn ich den Nerv, nahe bei *c*, noch mehrmals unterbinde. Wird aber das Band an dem Infertionspuncte bei *b* felbft angebracht, fo verfchwinden alle Zuckungen, wie man auch immer den Schenkel galvanifire. Eben diefe Ruhe erfolgt, wenn die Unterbindung bei *c* bleibt, das Nervenende *c b* aber (Fig. 60.) fo gebeugt wird, dafs das Muskelfleifch in Berührung mit *c* tritt. Ja! ich habe diefelbe in Fig. 59. auf eine noch einfachere Art erhalten. Das Band blieb bei *c* und war über 4 Linien weit von dem Infertionspuncte entfernt. Die Contraction, welche in diefem Falle erfolgte, als der Silberdrath den Schenkel und die Zinkarmatur verband, verfchwand fogleich, als ich das Nervenftück *c b* mit einer frifchen Frofchleber bedeckte. Denn nun war daffelbe von der Berührung der atmosphärifchen Luft ausgefchloffen und mit einem leitenden Medium umgeben.

Alle Phyfiker, welche ich über die möglichen Urfachen diefer fonderbaren Bedingung befragte, reduciren diefelbe auf das, von Herrn Pfaff *) fo fchön entwickelte Phänomen der Ableitung.

Da

*) a. a. O. S. 16.

Da die gemeinſte Erſahrung lehrt, daſs in dem gewöhnlichen Falle Fig. 8. die Contractionen deſto ſchwächer ſind, je kürzer die Strecke iſt, welche der Nerv frei durch die Luft geht, ſo wäre es allerdings denkbar, daſs der, in Fig. 59. ſchon durch die Unterbindung geſchwächte Nerv, durch die Umwickelung mit *cb* und mit dem Muskelfleiſche, den letzten Reſt ſeiner Energie verlöre. Dieſe Analogie iſt aber auf falſchen Prämiſſen gegründet. So lange *ab* von einem iſolirenden Medium, Luft, umgeben iſt, ſo ſchwächt die Unterbindung den Effect keinesweges. Die Contractionen, welche die ſilberne Pincette erregt, ſind gleich lebhaft, vor und nach Anlegung des Bandes. Wenn in Fig. 8. der Cruralnerv in dem aufgeſchlitzten Muskel bis an den Zink eingehüllt wird, ſo werden die Bewegungen nur bei ſehr matten Thieren ganz aufhören, bei lebhaftern allmälig abnehmen. Ganz anders verhält es ſich im Fall der Unterbindung. Wenn die Organe auch auf dem höchſten Puncte der Erregbarkeit ſtehen, ſo verſchwinden auf einmal alle Zuckungen, wenn (Fig. 59.) *cb* von einem leitenden Stoffe umgeben iſt. Demnach muſs die Unterbindung noch einen verborgenen Einfluſs auf die Wirkſamkeit der Ableitung haben!

Auch habe ich dabei noch einen andern Umſtand von Wichtigkeit bemerkt. Die Entfernung der Armatur vom Bande iſt für den Erfolg der Reizung in gewiſſen Fällen nicht gleichgültig. Der zolllange Cruralnerv eines Waſſerfroſches war mit einem Haare dicht am Inſertionspuncte unterbunden. Lag die Ar-

matur am äufserften Ende des Nerven bei *a* (Fig. 61.), fo war jede Art des Galvanifirens unwirkfam. Schob ich diefelbe hingegen nach *b* bis auf die Entfernung von $1\frac{1}{2}$ Linien vom Bande *c*, heran, fo war ich im Stande Contractionen zu erregen, wenn ich den Nerv oberhalb des Bandes, zwifchen *b* und *c*, mit dem Conductor berührte. Ich glaubte, das Band habe vielleicht nachgelaffen, und zog die Armatur wieder bis *a* zurück, aber nun blieb alles in Ruhe, wenn die Berührung auch gleich in den irritablen Organen unterhalb der Unterbindung im Schenkelmuskel gefchah. Sollte etwa das Nervenftück *a b* feine Lebenskraft bereits verloren haben, und die Nähe der Armatur bei *c* darum nothwendig geworden feyn? Ich liefs die Armatur unter *a* liegen, löfste das Band, und augenblicklich erfolgten die Galvanifchen Erfcheinungen. In der Erregbarkeit von *a b* war die Urfach der Hemmung alfo nicht gegründet. Es fchien vielmehr, als wenn die Armatur nahe am Bande mächtiger wirke und den Effect deffelben aufhöbe. — So viel ich nachfuchen kann, ift das Galvanifiren oberhalb des Bandes noch keinem Phyfiker vor mir geglückt. Um fo nothwendiger halte ich es, meine Verfuche zu wiederholen, und ich finde bei fehr lebhaften Thieren fünf beftätigende Fälle in meinen Tagebüchern aufgezeichnet.

Die Unterbindung der Arterie habe ich, wie Valli, *) ebenfalls verfucht, auch oft nach einer

*) *Experiments p.* 123. Pfaff a. a. O. S. 131. 134. 278 und 280. und das neue für die chemifche Phyfiologie fo reichhaltige Werk: *Medical extracts, Vol. I. p.* 349.

Stunde Schwächung, nach mehrern Stunden gänzliche Lähmung des Muskels, zu dem die Arterie führt, beobachtet. Doch ſcheint mir dieſe Art von Experimenten nur in einem entfernten Nexus mit den Erſcheinungen des Galvanismus zu ſtehen. Sie zeigen, daſs das arterielle Blut weſentliche Beſtandtheile zur Unterhaltung desjenigen Proceſſes herbeiführt, von dem (nach meiner Vermuthung) die Stimmung der Erregbarkeit allein abhängt. Sie begründen daher die allgemeine Theorie der Lebenskraft, nicht die particulären Geſetze des Galvanismus.

Der Streit über Unterbindung der Nerven und Arterien leitete mich ſehr früh auf den Gedanken, die ſenſiblen Fibern gänzlich zu durchſchneiden. Ich ſtellte die erſten glücklichen Verſuche der Art im Frühjahre 1790 an. Dieſer Gegenſtand ſchien mir ſchon damals zur Prüfung deſſen, was man bisher über die Natur eines Nervenfluidums, und über Regeneration der Nerven lehrte, ſehr wichtig. Als ich zufällig, auf einem andern Wege, die Eigenſchaft der thieriſchen Materie, in der Entfernung zu wirken, entdeckte, *) wurde meine Aufmerkſamkeit noch mehr darauf geheftet. Ich freute mich nun, ſinnlich darſtellen zu können, was groſse Phyſiologen von der Exiſtenz ſenſibler Wirkungskreiſe, aus theoretiſchen Gründen, ahndeten. Da dieſe Unterſuchung ſich auf Experimente gründet, welche neu **) und mir eigenthümlich ſind, ſo werde ich keiner Rechtfertigung bedürfen, wenn ich dieſelben

*) S. oben, am Ende des vierten Abſchnitts.

**) Vergl. damit Herrn Pfaffs Verſuche a. a. O. S. 35.

hier in ihrem ganzen Umfange entwickele. Eine vorläufige Anzeige davon ift in meinem erften phyfiologifchen Briefe an Herrn Blumenbach *) enthalten.

Wenn der Nerv eines Thieres der Länge nach zerfleifcht wird, und auch nur ein einziges Fäferchen übrig bleibt, welches die Armatur mit dem Muskel verbindet, fo zeigen fich die galvanifchen Erfcheinungen in eben der Stärke, als wenn der Nerv noch feinen unverletzten Durchmeffer hätte. Stellt man fich, wie einige ältere, und leider! felbft neuere **) Zergliederer, einen Nerv als einen einfachen mit Mark gefüllten Schlauch vor, fo mufs jener Verfuch allerdings wunderfam fcheinen. Weifs man hingegen, dafs das, was wir Nerven nennen, ein fehr zufammengefetztes Organ, ein Aggregat (Bündel) vieler anaftomofirenden Stränge ift, fo ift die Möglichkeit, dafs bei jenem Zerfleifchen einzelne Stränge, oder Faden unzerftört bleiben, fehr denkbar. Herrn Reil's Entdeckungen ***) find fchon von diefer Seite für die pathologifche Anatomie unendlich wichtig. Selbft im lebendigen Körper können fogenannte einfache Nerven mannichfaltig verlegt, unvollkommen zufammengeheilt feyn, ohne dafs die wirkliche Muskelbewegung ge-

*) S. Gren's N. Journal, B. 2. S. 122.

**) Z. B. der anonyme Verfaffer des Auffatzes über Nervenkraft in Reil's Archiv für die Phyfiologie, B. 1. H. 2. S. 12.

***) S. deffen Abhandlung über den Bau des Hirns in Gren's N. Journ. B. 1. S. 109. und deffen *Exercitationes anat. de ftructura nervorum Fafc. I. Hal.* 1796.

schwächt ist. Auffallender *) ist der Einfluss dieser Verletzung auf die geminderte Energie der Arterien und Saugadern.

Grössere Feinheit der Präparation, sorgfältigere Behandlung, als das longitudinale Zerfleischen der Nerven, erfordert das Durchschneiden derselben nach dem kleinen Durchmesser. Schon aus dem Vorigen (S. Fig. 54.) ist bekannt, dass die Wirkungen des Galvanischen Reizes nicht gestört werden, wenn die beiden Enden eines zerschnittenen Nerven durch leitende Stoffe mit einander verbunden sind. Trennt man daher (Fig. 62.) das sensible Organ so unvorsichtig, dass, (indem *ab* und *cd* von einander entfernt werden,) aus den gegenüberstehenden Oeffnungen der Scheide Nervenmark herausgepresst wird, welches den Zwischenraum *b c* ausfüllt, so wird jede Verbindung des Muskels mit der Armatur allerdings Contractionen erregen, das Experiment selbst aber keinesweges das Daseyn eines sensiblen Wirkungskreises des Nerven erweisen. Nur durch sorgfältige Wiederholung solcher feinen Versuche kann man sich vor Selbsttäuschung sichern, und ob ich mir gleich schmeicheln darf, nicht ganz ungeübt in dieser Art von Sectionen zu seyn, so gestehe ich doch, dass mir noch gegenwärtig unter drei Durchschneidungen des Nerven gewiss eine missglückt.

Man nehme einen recht lebhaften, besonders einen aus dem Winterschlafe erweckten Wasserfrosch,

*) Vergl. hiemit Sömmering's Hirnlehre, §. 151. 191. und 193.

und präparire schnell den einen Cruralnerv, so lang als möglich, heraus. Diesen Nerv durchschneide man, indem man ihn mittels einer Pincette, über einer reinen, trocknen, allenfalls etwas abgewärmten Glastafel, in die Luft hält, etwa zwei Linien über seiner Insertion in den Schenkelmuskel, in zwei Stücke. Wenn der Schnitt vollendet ist, lasse man die Nervenenden ja nicht von selbst herabfallen, sondern unterstütze das eine mittels der Pincette, das andere mittels der Scheere, bis man sie auf der Glastafel $\frac{5}{4}$ oder 1 Linie weit von einander entfernt, in die Lage von *a b* und *c d* (Fig. 62.) gebracht hat. Es ist hierbei sehr wichtig, dass beide Stücke, indem sie die Unterlage berühren, gleich unverrückt liegen bleiben, damit der Zwischenraum *bc* nicht mit einer leitenden Substanz ausgefüllt werde. Man kann auch den Nerv auf der Glastafel ruhen lassen, nur muss dann der Schnitt sehr rasch und derb mit einem scharfen Secirmesser geschehen. Durch Zusammenziehung der Scheiden werden dann, besonders aus dem oberen Ende, genau wie es Prochasca abgebildet, Markkügelchen hervorgepresst, welche, (wenn man die durchschnittenen Theile von einander entfernt,) eine Leitung von *b* nach *c* begründen würden. Um dies zu verhüten, muss gleich nach dem Schnitte *ab*, sammt der Armatur, und *cd*, sammt dem daran hängenden Schenkel, in die, Fig. 62. gezeichnete Lage, auf eine andere frisch getrocknete Glastafel gelegt werden. Zu mehrerer Vorsicht kann man auch durch ein wenig Baumwolle, welche an einem Eisendrathe befestiget wird, den Zwischenraum *bc* ab-

trocknen. Doch muſs alsdann die Baumwolle ſelbſt ſehr trocken ſeyn, und weder *b* noch *c* darf berührt werden, weil man ſonſt unausbleiblich *b c* beſeuchten wird.

Wenn bei recht lebhaften Organen dieſe Bedingungen recht ſchnell erfüllt werden, und beide Nervenſtücke $\frac{5}{4}$ Linien von einander entfernt liegen, ſo entſtehen Muskelbewegungen, indem die Armatur *M* durch einen heterogenen metalliſchen Leiter mit *cd*, oder auch ſelbſt mit *ab* verbunden wird. Dieſe Bewegungen erfolgen, *M* mag auch noch ſo weit von *b* entfernt ſeyn. Das obere Nervenende *a b* übt alſo noch, durch die Luftſchicht *b c* durch, ſeine Energie auf den getrennten Schenkelmuskel aus. Es iſt gar nicht nöthig, daſs die Mündungen *b* und *c* (wie bei einem Bündel von bloſs parallelen Canälen,) ſich gegenüberſtehen. Zu meinem Erſtaunen habe ich bemerkt, daſs die Contractionen ebenfalls eintreten, wenn *c* ſich der Seitenfläche des Nerven *a b* irgendwo (wie Fig. 63.) auf $\frac{5}{4}$ Linien Entfernung naht. Wie die Incitabilität der Organe abnimmt, ſo iſt die Berührung von *a b* nicht mehr hinlänglich zur Erregung von Muskularbewegungen, ſondern *c d* muſs ſelbſt mit *M* verbunden werden. Sinket die Reizempfänglichkeit noch mehr, ſo muſs das untere Nervenende *c* dem obern *b* näher gerückt werden, und der Abſtand *bc* wird nach und nach von $\frac{5}{4}$ Linien auf 0 reducirt. Dieſes allmälige Schwinden des ſenſiblen Wirkungskreiſes eines Nerven, iſt eine Erſcheinung, welche gewiſs zu den auffallendſten der belebten Natur gehört. Auch haben alle Phyſiologen,

welchen ich dieselbe, in und ausserhalb Deutschland zeigte, mir ihr gleichmäfsiges Erstaunen darüber geäufsert. Das Maximum des Abstandes, in welchem der belebte Nerv aus der Entfernung wirkt, ist, so wie die Zeit, in der der sensible Wirkungskreis seinen Durchmesser auf 0 zusammenzieht, nach der individuellen Erregbarkeit des Organs, mit dem man experimentirt, verschieden. Geschieht die Präparation langsam, und ist das Thier weniger lebhaft gewesen, so darf *bc* oft kaum $\frac{1}{2}$ Linie betragen. Ueber $\frac{5}{4}$ einer Pariser Linie habe ich die Weite des Wirkungskreises nie gefunden, so wie die Reizung aus der Entfernung mir nie über 5 — 8 Minuten dauerte. Zur Erregung der Contractionen ist es gar nicht unbedingt nothwendig, dafs *ab* und *cd* Theile eines Nerven sind. Der Versuch ist mir häufig geglückt, wenn *ab* vom rechten, *cd* vom linken Cruralnerv desselben, oder eines gleichartigen Wasserfrosches waren. Ich habe die Nervenstücke der Rana esculenta und der Kröte (Rana-Bufo), die der Rana temporaria und Lacerta agilis gegenübergelegt, und das Galvanisiren ist vollkommen geglückt. Bei kalt- und warmblütigen Thieren, z. B. wenn *cd* von dem Cruralnerv einer Hausmaus und *ab* von dem eines Wasserfrosches war, konnte ich keine Contractionen erregen. Habe ich diese Versuche nicht oft genug wiederholt, die Theile nicht schnell und fein genug präparirt, oder ist, was aus dem Nerven einer Amphibie durch die Luft ausströmt, nur specifiker Reiz für die Amphibie, nicht für die Muskel warmblütiger Thiere? Im Ganzen

ſcheint aus den mannichfaltigen Verſuchen, welche ich in meinen Tagebüchern aufgezeichnet habe, zu folgen, daſs die Weite des Wirkungskreiſes allein von dem obern Nervenſtücke *a b* abhängt. Zwar habe ich geſehen, daſs die ſchon gänzlich verſchwundenen Muskularbewegungen wieder entſtanden, als bei einem wohl eine Viertelſtunde lang entbloſst gelegenen Schenkelnerven, das Stück *c d* allein mit einem andern friſch präparirten verwechſelt ward. Aus dieſem Experimente ſcheint mir nur zu folgen, daſs zwar ein Nerv vielleicht ſtundenlang eine reizende Atmosphäre um ſich verbreitet, daſs aber nur die erregbarſten Organe reizempfänglich genug für einen ſo unendlich feinen Stimulus ſind. Ich habe verſucht, wenn *c d* (Fig. 62.) in der Entfernung von $\frac{5}{4}$ Linie keine Contractionen erlitt, dieſelben dadurch wieder herzuſtellen, daſs ich *a b* mit excitirenden Flüſſigkeiten, z. B. mit oleum tartari per del.) mit oxygenirter Kochſalzſäure, mit Moſchusextract benetzte. Ich glaubte dadurch den ſenſiblen Wirkungskreis des Organs wieder, bis *c* hin, zu erweitern — aber umſonſt. Die Fälle, wo Contractionen erfolgten, lieſsen den Verdacht zurück, daſs der Abſtand *b c* von den reizenden Mitteln benetzt worden ſey. Dagegen gelang es mir, die Zuckungen dadurch wieder herzuſtellen, daſs ich bloſs *c d* mit oxygenirter Kochſalzſäure befeuchtete und ſeine Erregbarkeit erhöhte. Bei den Nerven warmblütiger Thiere, bei welchen die Lebenskraft ſo unaufhaltſam ſchnell hinſchwindet, iſt der Verſuch des Durchſchneidens ſehr ſchwierig anzuſtellen.

Bei Vögeln ist er mir nie, wohl aber bei Mäusen, Ratten, einem Lamme und mehreren Kaninchen geglückt. Ich fand den Wirkungskreis dann meist nur auf $\frac{1}{2}$ Linie und weniger eingeschränkt.

Wenn man bei sehr reizbaren Organen die Nervenenden *a b* und *c d* durch untergelegte Glasröhren dergestalt erhöht, dass ihre Mündungen *b* und *c* $\frac{5}{4}$ Linien weit auseinander in freier Luft stehen, so setze man (Fig. 62.) eine dünne Glasscheibe *e f* dergestalt zwischen dieselben, dass sie weder *b* noch c berührt. Wenn die Muskelbewegungen vorher durch Verbindung von *M* und *d* eintraten, so werden sie nun augenblicklich verschwinden. Ich stelle sie wieder her, sobald ich die Scheidewand wegrücke, oder die von Glas mit einer von Metall vertausche. Ich bleibe hier bei der Anführung dieses einfachen Factums stehen, welches für die Untersuchung der Natur dieser Ausströmung gewiss sehr wichtig ist.

Aus dem Vorhergehenden folgt demnach, dass man sich um jeden Nerv *m* (Fig. 64.), wie um einen magnetischen Stab, eine punctirte Linie *a b c d* denken kann, welche den sensiblen und reizenden Wirkungskreis desselben bezeichnet. *) Wenn ein anderes

*) Ich bin nach einzelnen Versuchen, die ich an verschiedenen Thieren angestellt, überzeugt, dass die Grösse der reizenden und sensiblen Atmosphäre nicht nur bei den Nerven verschiedener Thiere, sondern auch bei einem Nerven zu verschiedenen Zeiten, und besonders bei verschiedenen Nerven eines Individuums variirt. Wie viel bleibt hier zu entdecken übrig!

Nervenstück *n* innerhalb dieser Grenzen tritt, so kann *m* seine Energie darauf ausüben. Dieser Effect nimmt aber mit schwindender Lebenskraft ab, und der reizende Wirkungskreis *a b c d* wird allmälig in die engern Grenzen *e f* zusammengezogen. — Ich versprach am Schlusse des vierten Abschnittes, als ich den Versuch Fig. 37. entwickelte, neue Thatsachen nachzutragen, welche die Eigenschaft der thierischen Materie aus der Entfernung, das heisst, durch nicht cohaerirende Theile zu wirken, in ihrem ganzen Lichte darstellen würden. Durch die hier beschriebenen Experimente mit durchschnittenen Nerven glaube ich jenem Versprechen genügt zu haben.

Die Art, wie ich dieselben angestellt, müssen mich, wie ich mir schmeichle, vor dem Verdachte der Selbsttäuschung, vor dem Verdachte, als liesse sich der Fall (Fig. 62.) auf den Fig. 54. reduciren, vollkommen sichern. Allerdings muss aus dem Nervenende *b* irgend etwas nach *c* überströmen, was das Medium jener Kraftäusserung ist. Aber dies Medium ist von der Medulla selbst sehr verschieden. Es ist keine tropfbare Flüssigkeit, denn sonst müssten die Contractionen ausbleiben, wenn *ab* und *c d* durch Glasröhren über die unten liegende Fläche unterstützt, mit ihren Nervenenden in die freie Luft erhoben worden; sonst würde *c d* sich nicht so regelmäsig, nach und nach, dem *a b* nähern müssen. Dieses allmälige Verengen des sensiblen Wirkungskreises, welches im Falle Fig. 54. und hier beim Durchschneiden des Nerven beobachtet wird,

ist gerade das, was dieses Phänomen als eine unmittelbare Wirkung der Lebenskraft vor allen Wirkungen der todten Leitungskraft so merklich auszeichnet. Ja! ich habe Fälle beobachtet, wo beide Nervenstücke (Fig. 62.) auf einer Glastafel lagen, und mit abnehmender Nervenkraft *c d* in einer Entfernung von $\frac{5}{4}$ Pariser Linien, der Influenz von *a b* nicht mehr gehorchten, und wo ein Wassertropfen, den ich zwischen die Mündungen *b* und *c* fallen liefs, um jenen Zwischenraum auszufüllen, die Communication nicht herstellte! Der ganze Apparat wurde auf eine neue trockne Glasplatte gelegt, und nun entstanden sogleich Muskular-Contractionen, wenn die Entfernung *b c* nur $\frac{1}{2}$ Linie betrug. In diesen Fällen wirkte also die unsichtbare reizende Atmosphäre des Nerven stärker, als die Zuleitung durch Wasser. Was aus *a b* ausströmt, scheint auch nicht die Natur einer gewöhnlichen Gasart zu haben. Wenigstens streiten die Versuche mit der Glastafel, oder Metallplatte *e f* zwischen *b* und *c* gegen unsere bisherigen Vorstellungen von Gasarten. Es kommt eher mit den Wirkungen des strahlenden Wärmestoffs, der Materie des Lichts, oder des magnetischen und elektrischen Fluidums überein.

Diese Entdeckung, dafs die belebte sensible Fiber eine Kraft besitzt, aus der Entfernung zu wirken, oder eine reizende Atmosphäre um sich zu verbreiten, scheint mir von grofser Wichtigkeit für die physiologische und pathologische Erklärung mancher Erscheinungen des thierischen Körpers. Erfahrne Zergliederer werden zahlreiche

Anwendungen von felbft machen. Ich begnüge mich daher nur, an die Phänomene des Gefühls und Gefchmacks, an die Regeneration der Nerven und einige fympathetifche Wirkungen näher zu erinnern.

1) Die Beobachtung, dafs diejenigen Theile des thierifchen Körpers, welche von Nerven entblöfst find, keine Empfindung erregen, hat viele Anatomen zu dem Schluffe verleitet, dafs überall, wo Empfindung ift, auch fenfible Fibern, und zwar deren um fo mehr als das Organ empfindlicher ift, vorhanden feyn müffen. So richtig auch die einfache Umkehrung eines allgemein verneinenden Urtheils ift, zu fo vielen Irrthümern verleitet eine unlogifche Extenfion derfelben. Die Reizempfänglichkeit eines Nerven kann von der eines andern, bei ftrenger Uebereinftimmung der äufsern Organifation, merklich verfchieden, und ein Theil, zu dem nur wenige dünne Nervenfäden gehen, wegen der eigenthümlichen Energie *) derfelben, empfindlicher als ein anderer feyn, in den mehrere dickere Nervenftränge verflochten find. Wir fehen, befonders in pathologifchen Fällen, bald diefes, bald jenes Organ fenfibler werden, ohne dafs darum neue Nervenäfte entftehen, oder verfchwinden. Wenn ferner überall Nervenfafern getroffen werden follen, wo die Berührung eines Theils Empfindungen erregt, fo müfste die Haut ein undurchdringliches Gewebe

*) Sollte daher der Satz, den Herr Hildebrandt (Lehrbuch der Phyf. S. 40.) aufftellt: „der Grad der Empfindlichkeit verhält fich bei jedem Theile, wie die „Quantität des Nervenmarks, welches er enthält," unbedingt richtig feyn?

von nervis cutaneis feyn. Auch haben, nach Haller, neuere Schriftfteller *) wirklich noch ein folches Gewebe angenommen, und, da Porterfield **) eine fenfible Fafer der Netzhaut 116400 mal kleiner, als ein Menfchenhaar gefunden hatte, fo hielt man fehr inconfequent eine folche Veräftelung aller Nerven für wahrfcheinlich. Der vortrefliche Ifenflamm ***) hat fich ein befonderes Verdienft dadurch erworben, das Unbegreifliche diefer Vorftellungsart in ein helleres Licht zu fetzen. Er glaubte den Knoten dadurch zu löfen, dafs er in jedem Puncte der Haut, zwar nicht Nervenfafern, wohl aber die markige Subftanz einzelner Nerven, welche in das fchleimige und netzförmige Gewebe fich ergöffe und gleichmäfsig vertheilte, annahm. Es fcheint, als wenn die Analogie mit dem Sehnerven und der portio mollis des fiebenten Paars ihn auf diefe Idee geleitet hat. Setzt diefelbe nicht ebenfalls eine continuirte Marklamelle in der Haut voraus, oder mufs die Haut vielmehr diefe Lamelle nicht felbft feyn? Neuere Phyfiologen wichen theils der Unterfuchung des Problems vorfichtig aus, theils fchienen fie der Ifenflammfchen Hypothefe zu folgen, bis Herr Reil †) mit feiner

*) Ausdrücklich in *Medical extracts*, *Vol. I. p. XVIII.* Vergl. Haller's Anfangsgr. der Phyfiologie, B. IV. S. 639.

**) *Treat. on the eye, T. II. p.* 64.

***) Verfuch einiger praktifchen Anmerkungen über die Nerven, 1774. S. 62.

†) Gren's N. Journal, B. 1. S. 113. und Arch. für Phyfiologie, B. 1. H. 1. S. 89.

Theorie von einer sensiblen Atmosphäre um den Nerven hervortrat. Diese entledigt gleichsam den Anatomen des mühevollen Geschäfts, Organe zu entdecken oder hin zu zaubern, wo sie der Physiologe zu seinen Erklärungen bedarf. Sie macht es begreiflich, wie ein Membran, welches auf der Fläche von vier Quadratlinien nur durch einen Nerven senkrecht durchbohrt ist, doch mittels dieses einzigen Nerven in jedem nahen, oder fernen Puncte empfindlich seyn kann. Das Empfindliche in der menschlichen Bildung ist nemlich das Seelenorgan allein, und der Nerv (sammt dem Wirkungskreise, den er verbreitet,) ist das Medium zwischen dem Seelenorgan und den einwirkenden reizenden Objecten der äußern Sinnenwelt.

Eine Note in dem berufenen System der Heilkunde des John Brown *) belehrt mich, daſs, schon lange vor Herrn Reil, die Vermuthung über eine sensible Atmosphäre der Nerven (zum gröſsten Aergerniſs der Brownianer) in Edinburg öffentlich vorgetragen wurde. Was aber bis dahin nur Vermuthung seyn dürfte, glaube ich jetzt durch die Versuche Fig. 62. 63. und 64. sinnlich erwiesen zu haben. Wir sehen, daſs man durch feine Präparation der Organe sogar im Stande ist, den Durchmesser jener Wirkungskreise zu messen. Wir sehen, daſs diese Durchmesser nach Verschiedenheit des

*) Uebersetzt von Pfaff 1796. S. 149. o. „man lieſs „sogar ein elastisches Fluidum, eine Atmosphäre um die „Nerven bilden, und erklärte damit die Verrichtung „lebender Systeme."

Grades der Erregbarkeit ſich vergröſsern, oder verkleinern. Herr Scarpa, welcher auf dieſe Verſuche die ſchmeichelhafteſte Aufmerkſamkeit heftete, erinnerte mich bei jener Erzählung vorzüglich an die wunderbar gebildeten Zungenwärzchen (papillae guſtatoriae), deren groſser Abſtand von einander ihn längſt in Erſtaunen geſetzt. Wenn bloſs die unmittelbare Berührung derſelben die Geſchmacksempfindung auf den ramus lingualis des dritten Hauptaſts vom fünften Paar fortpflanzte, ſo müſste allerdings (trotz der pinſelartigen Verbreitung ſo vieler Nervenfäden in die Wärzchen,) der durch ſo wenige ſenſible Puncte erregte Geſchmack ſehr ſchwach ſeyn. Verbreitet aber jedes kegelförmige, faſt aſterienartige *) Wärzchen einen ſenſiblen Wirkungskreis um ſich her, ſo iſt leicht einzuſehen, wie eben dadurch die Zahl der wirkſamen Berührungspuncte vermehrt werden kann. Den Einfluſs abgerechnet, welchen der aus den eigenen Schleimbälgen ſecernirte Schleim auf die Schärfe, oder Stumpfheit des Geſchmacks haben muſs, läſst ſich dieſer Unterſchied auch aus dem Verſuche Fig. 64. ſelbſt herleiten. In Zeiten, wo der ſenſible Wirkungskreis, den jedes Zungenwärzchen den reizenden Stoffen darbietet, ſehr groſs iſt, müſſen dieſelben einen lebhaftern Eindruck auf den Zungennerven machen.

*) So ſcheint es in den herrlichen Präparaten, welche Herr Scarpa zu ſeiner Schrift über das Geſchmacksorgan, an der er arbeitet, benutzt. Die Sammlung, welche der groſse Mann für das Wilſonſche Mikroſkop bereitet hat, iſt ein ſchönes Denkmal ſeines Scharfblicks.

machen. In Zeiten, wo bei geringer Energie des Nervensystems die Atmosphäre einen kleineren Durchmesser hat, ist der wirksame Contact geringer, und also der Geschmack stumpfer. Eben diese Erklärungsart läfst sich auf mehrere Zungen anwenden, die bei verschiedener Reizempfänglichkeit doch mit einer gleichen Anzahl von Wärzchen besetzt sind; eben diese Erklärungsart auf die Papillen der Fingerspitzen und der ganzen übrigen Haut.

Ernsthafte Beobachter reden von Erfahrungen, nach welchen bisweilen eine Empfindung von der Existenz eines nahen Körpers erregt wird, ehe die Berührung selbst geschieht. Ich weifs nicht, ob dieses Problem durch das Gefühl einer veränderten Temperatur, durch den aus nahen Körpern ausströmenden Wärmestoff hinlänglich aufgeloset werden kann. Der Versuch Fig. 64. zeigt aber die Möglichkeit, dafs ein Nerv, dessen sensible Atmosphäre sich nach allen Seiten erstreckt, ohne berührt zu werden, Eindrücke empfangen und fortpflanzen kann. Der Huntersche Blitzversuch scheint dies zu bestätigen, da die Erleuchtung, (wie man in England ausdrücklich bemerkt hat,) bisweilen schon eintritt, wenn das eine Metall und die Zunge noch nicht im Contact, sondern eine Linie weit von einander entfernt sind. Auch an die Möglichkeit der sogenannten Magnetischen Curen, bei denen die blofse Nähe der Hand, (ohne allen Magnet) Wärme und Reiz in entblöfsten Theilen hervorbringen soll, möchte ich hier erinnern, wenn man in dem aufgeklärten Deutschlande den Glauben an jene Möglichkeit

äuſsern dürfte, ohne nicht ſelbſt für nervenkrank oder exaltirt gehalten zu werden. Bequemer iſt es freilich, Facta zu leugnen, als ſie zu unterſuchen, oder durch Gegenverſuche zu widerlegen. *)

2) Bleiben, bei Durchſchneidung eines Nerven in chirurgiſchen Fällen, die Enden deſſelben nach der Trennung innerhalb ihres gemeinſchaftlichen Wirkungskreiſes, ſo könnte allerdings, nach Analogie der Verſuche 62 — 64, die Willenskraft fortfahren, den zu dem getrennten Nerven gehörigen Muskel zu Bewegungen zu reizen. Dieſelben Erfahrungen, nach denen wir die Möglichkeit dieſer Reizung einſehen, erklären uns aber zugleich auch, warum ſie in der menſchlichen Organiſation nie ſtatt habe. Bei der Operation ſelbſt werden die Nervenenden meiſt übermäſsig von einander entfernt, und es iſt unmöglich, ſie während der Heilung ſo zu behandeln, als Froſchnerven auf einer reinen und trockenen Glastafel. Durch den Schnitt wird der verwundete Nerv geſchwächt, und dieſe Schwäche verkleinert ſeinen Wirkungskreis noch mehr. Endlich liegt das groſse Hinderniſs bei Fortpflanzung der Nervenkraft in der Vernarbung der Enden, welche aber freilich nicht immer eintritt. Denn bei kaltblütigen Thieren bleibt ſogar der Theil unter dem Schnitte, oder das mit dem Seelenorgan gar nicht cohärirende Nervenſtück Jahrelang friſch,

*) Ein nachahmungswürdiges Muſter einer ſolchen gründlichen und beſcheidenen Widerlegung hat Herr Kühn in ſeiner kleinen Schrift: Ueber die Wunderhand des Grafen von Thun, Leipzig 1794. gegeben.

rund, wohlgenährt und unvernarbt. Monro *) hat hierüber am ischiadischen Nerven merkwürdige Versuche angestellt.

Wenn man diese Beobachtungen über die empfindenden und reizenden Wirkungskreise der Nerven mit dem vergleicht, was ich oben (am Ende des sechsten Abschnitts) über die Phänomene der Zuleitung und das daraus erklärbare Sensibelwerden kranker Theile vorgetragen; so finden wir jetzt eine zweifache Art, wie Eindrücke, welche nicht unmittelbar den Nerven treffen, sondern nur in seiner Nähe geschahen, doch zu dem Seelenorgan fortgepflanzt werden können. Diese Erklärungen gründen sich nicht auf speculative Moglichkeiten, sondern auf die einfachen Analogien wirklicher Erfahrungen. Wenn das Ende eines Nerven von nicht leitenden Stoffen, wie in den Knochen, oder Luftzellen, umgeben ist, so wirkt er aus der Entfernung durch seine Atmosphäre allein. Kommt der Nerv mit leitenden Stoffen, mit Lymphe, Blut, oder Zellstoff in Berührung, so erhöht diese Atmosphare die Leitungskraft der zunächst an ihn grenzenden Theile. Wenn Fig. 62. beide x und y Puncte eines leitenden Membran sind, so wird der Stimulus auf x angewandt, heftiger reizen, als in y, — nicht, weil x seiner chemischen Mischung wegen, ein vollkommnerer Leiter, als y ist, sondern, weil x innerhalb, y aufserhalb des sensiblen Wirkungskreises des Nerven $a\ b$ liegt. Ist demnach der Theil, von

*) Bemerk. über Structur und Verrichtung des Nervensystems, 1787. S. 21 und 25.

welchem die Empfindung ausgeht, oder das Organ, auf welches der Nerv seine reizende Energie activ ausübt, um *by* von *b*, entfernt, so wirkt die zuleitende Kraft des Mediums allein. Dieser letztere Fall, den der Versuch Fig. 54. erläutert, steht, wie mich dünkt, in naher Verbindung mit der so wunderbar scheinenden Regeneration der Nerven. Die vortrefflichen Erfahrungen, welche Herr Arnemann *) gesammelt, zeigen unwidersprechlich, dass, wenn ganze Nervenstücke ausgeschnitten werden, die übrigen beiden Enden sich durch Zellstoff, der aus gerinnbarer Lymphe neu erzeugt wird, wieder vereinigen, und dass nach dieser Vereinigung die willkührliche Muskelbewegung, oder Spannkraft, (nicht aber die Empfindung?) wieder eintritt. Wäre der Zellstoff eine isolirende Substanz, so würde sich die Energie des obern mit dem Seelenorgan noch cohärirenden Nervenstückes gewiss nicht auf das untere fortpflanzen.

Ich rede keck von der Regeneration der Nerven, obgleich berühmte Zergliederer sie gerade hin läugnen. Eine Verlängerung durch Zellstoff ist allerdings nicht Wiedererzeugung zu nennen. Der grosse Mainzer Anatom führt **) ausdrücklich an, dass das reproducirte Stück nie das charakteristische (gebänderte) Ansehen der übrigen Nerven erhielte. Ich wage es, diesem Satze zu widersprechen. Wenn auch in zahlreichen Versuchen jenes charakteristische

*) Versuch über Regeneration der Nerven, B. I. Cap. 3. und 5.

**) Sömmering's Hirnlehre, §. 179.

Kennzeichen fehlte, so beweisen doch wenige, unter günstigern Verhältnissen angestellte Erfahrungen hinlänglich, dass der Natur auch diese Reproduction möglich sey. Ich erinnere hier an die Präparate, welche Felice Fontana *) besitzt, und in denen sich, (wie in denen von Cruikshank,) grosse wiedererzeugte, durchgehends spiralförmig gebänderte Stücke des Intercostalnerven deutlichst zeigen. Ein gelingender Versuch beweist mehr, als viele nicht glückende Versuche.

Sollte die grössere Erregbarkeit der magern, und das träge Phlegma der fetten Menschen nicht mit **) davon herrühren, dass bei jenen die Nerven freier, bei diesen von zähem fetten Oele umflossen sind? Allerdings ist das, im lockern Zellgewebe angehäufte, Fett immer mit einer serösen leitenden Feuchtigkeit gemengt. Dass aber das Ganze des Gemenges um so isolirender seyn muss, je mehr ölige Theile darin enthalten sind, ist nach obigen

*) Ueber die Sorgfalt, mit welcher diese Reproductionsversuche angestellt wurden, s. Abhandlung über das Viperngift, 1787. S. 355. Vergl. hiemit William Cruikshank in *Philos. Transact. for* 1795. *P.* 1. *p.* 177. und John Haighton *l. c. p.* 190. übersetzt in Reil's Archiv der Physiologie, B. 2 H. 1. S. 57. und 71. Herr Haighton würde sich den problematischen Ausgang mancher seiner Versuche leicht haben erklären können, wenn er mit dem sensiblen Wirkungskreise der Nerven und der Leitungskraft des Zellstoffs bekannt gewesen wäre.

**) Ich sage bedächtig: mit davon herrühren; denn die Hauptursache liegt wohl in der Sömmeringschen Entdeckung der relativen Grösse des Hirns. Vom Bau des menschlichen Körpers, Th. V. §. 96.

Erfahrungen wohl sehr wahrscheinlich. Bei feisten Körpern muſs alſo die Zuleitung des empfangenen Eindrucks auf den Nerven ſchwächer, die Reizung mehr auf den ſenſiblen Wirkungskreis ſelbſt eingeſchränkt ſeyn, als bei magern. — Wenn man bedenkt, wie wichtig die allgemeine Receptivität des Menſchen für ſinnliche Eindrücke, ſeiner intellectuellen Bildung, der ganzen Beſtimmung ſeines Charakters iſt, ſo wird man es der Mühe nicht unwerth finden, die ganze Summe kleiner Urſachen, welche eine ſo groſse Wirkung hervorbringen, ſorgfältig aufzuſuchen.

Bei ſo mannichfaltigen Beweiſen für die Atmosphäre der Nerven mag es wunderſam ſcheinen, warum es noch nie geglückt iſt, einen entbloſsten Nerven dadurch wirkſam zu reizen, daſs man (Fig. 64.) ohne ihn ſelbſt zu berühren, mit einer Lanzette in den Raum *abcd* ſticht. Dieſe Schwierigkeit iſt leicht gehoben, wenn man bedenkt, daſs die Wirkſamkeit des Reizes uns nur an zwei Kriterien, an erfolgter Muskelbewegung, oder Rührung des ſenſiblen Seelenorgans, bemerkbar werden kann. Nun muſs ein mechaniſcher Stimulus ſchon ſehr heftig ſeyn, um Zuckungen hervorzubringen, und die Erſchütterung des feinen Stoffes, den wir uns innerhalb der Grenze *abcd* vorſtellen, kann wohl nicht ſo wirkſam ſeyn, um im Muskel eine für uns bemerkbare Contraction zu erwecken. Die nicht bemerkte Zukkung beweiſt alſo nicht ſowohl gegen das Daſeyn der Atmosphäre, als für die unſchickliche Application des Reizes. Ob endlich dabei eine Empfindung

erregt werde, das ist etwas subjectives, worüber wohl schwerlich ein genauer Versuch anzustellen seyn möchte, da Verwundungen immer ein gleichzeitiges verworrenes Gemisch schmerzhafter Sensationen erregen.

3) Eine grosse Anzahl sympathetischer Erscheinungen in dem Nervensysteme mag sich ebenfalls auf der Wirkung der sensiblen Atmosphären und der Zuleitung gründen. Die meisten lassen sich freilich auf Anastomosen der Nervenfäden (wie bei den wichtigen Intercostal-Antlitz- und Stimmnerven, oder den drei dädalisch gewundenen Aesten des fünften Paars) zurückführen. Aber, wie manche bleiben noch zu erklären übrig, wo die Verästelung fehlt, und man zur Nähe der Nervenursprünge im Gehirne und zur Reaction dieses Seelenorgans seine Zuflucht nimmt? *) Ohne diese Reaction zu läugnen, kann die Mitleidenschaft oft nur darauf beruhen, dass ein Nervenfaden in der sensiblen Atmosphäre des anderen liegt, oder dass wirklicher Contact, wie beim Opticus und den Ciliarnervchen, durch Zuleitung den Eindruck fortpflanzt. In einer so feinen Materie wäre es unvorsichtig, apodiktisch zu entscheiden.

Ueberaus merkwürdig und charakteristisch für die Natur der belebten Nerv- und Muskelfaser ist es, dass alle diese Wirkungen aus der Entfernung, beim

*) Vergl. Sprengel's Handbuch der Pathologie, Th. 1. S. 65. Ein Werk, das, nebst seiner Geschichte der Medizin, zu den wenigen gehört, auf welche unser Vaterland stolz seyn darf.

galvanischen Versuche, nur unter den thierischen Organen selbst, und nie, nie unter zwei Metallen oder andern unbelebten Gliedern der Kette eintreten. Der Fall Fig. 37. macht keine Ausnahme hievon, da in demselben Muskelfleisch und Metall aufeinander wirkten. Dagegen habe ich (Fig. 8.) das Nervenende *a* auf einer Glasplatte so nahe an den Zink herangerückt, dass sein Abstand von demselben unter der Lupe betrachtet, gewiss kaum $\frac{1}{64}$ einer pariser Linie betrug, aber nie durch Application von *r* oder *s* eine Contraction erregen können. Eben so bleiben dieselben aus, wenn in Fig. 62. das Metallplättchen *ef* nicht frei, mitten in der sensiblen Atmosphäre stand, sondern *b* berührte, und so gleichsam die Mündung des obern Nervenstückes verdeckte. Auch in Fig. 48. hindert der kleinste Zwischenraum zwischen den beiden metallenen Muskelleitern, *b* und *c*, den Effect des Galvanischen Reizes. Wenn demnach die Erfahrung lehrt, dass Metall auf Metall nie, ein thierischer Stoff auf ein Metall in einigen Fällen, und Nerv und Nerv häufig aus der Entfernung auf einander wirken, bedarf es (nach dem Erzählten) eines Beweises mehr, um zu zeigen, dass diese Wirkung im Verkehr mit der Lebenskraft selbst steht?

Noch bleibt der letzte auffallende Versuch über die irritablen und sensiblen Atmosphären übrig, dessen ich ebenfalls schon früher an einem andern Orte gedacht habe. *). Die Veranlassung dazu war folgende. Ich vermuthete, nach einer selbst geschmie-

*) Gren's Neues Journ. der Physik, B. 2. S. 123.

deten albernen Hypothese, daſs $+E$, wenn es durch heterogene Metalle, oder von einem Metalle in einen thierischen Stoff übergehe, in $-E$ verwandelt werde, daſs $\pm E$ beim Uebergange durch homogene Stoffe $\pm E$ bleibe. Hieraus lieſs sich manche Galvanische Erscheinung erklären. Um nach dieser Hypothese zu experimentiren, umwickelte ich (Fig. 65.) den einen Schenkel *b* der silbernen Pincette mit frischem Muskelfleische, in der Absicht, indem *c* auf dem Zinke aufstand, den Nerv durch *b* zu berühren. Ehe ich aber diese Absicht erfüllen konnte, kam ich zufällig mit *b* dem sehr lebhaften Froschschenkel nahe. Ich war mir bewuſst, denselben nicht berührt zu haben, und dennoch erfolgte eine lebhafte Zuckung. Ich wiederholte erstaunt den Versuch, war volle $\frac{3}{4}$ Linien weit vom Muskel *P* entfernt, aber seine Erschütterung blieb nicht aus. Wenn *b* an 2 bis 3 Linien vom reizbaren Organe abstand, so erfolgte keine Reizung. Demnach bewirkte der bloſse Contact der heterogenen Metalle in *a* und *e* dieselbe nicht, und der Versuch Fig. 65. ist keinesweges auf meinen früher erzählten (aber weit später gemachten) ohne Kette Fig. 9. zu reduciren. Je mehr die Erregbarkeit von *P* abnahm, desto näher muſste der Abstand *b P* seyn. Nach 4 bis 5 Minuten war der irritable Wirkungskreis der thierischen Materie ganz verschwunden, und *b* muſste im Contact mit *P* stehen, um eine Contraction hervorzubringen. Beim Muskelfleische scheint das Phänomen der Atmosphären weit seltner bemerkbar, als beim zerschnittenen Nerven zu seyn. Bis zum Junius des verflossenen

Jahres hatte ich nur zwei Fälle beobachtet. Seit meiner Rückkunft aus Italien ſind mir aber drei andere vorgekommen. Sie gaben ganz ähnliche Reſultate. Der Wirkungskreis war indeſs bisweilen auf 1 — $\frac{5}{4}$ Linien erweitert und eine Glasplatte zwiſchen *b* und *P* hemmte (wie *c f* Fig. 62.) den Effect der Reizung. Eben dieſs that meiſt die Entblöſsung des ſilbernen Schenkels *b*. Ich kann nicht ohne ein beſonderes Wohlgefallen an dieſe Experimente zurück denken. Man glaubte den Schenkel angeweht zu ſehen, wenn *b* ſeiner Länge nach, in einigem Abſtande, über ihn hinfuhr. Hier verſchwindet jeder Verdacht, daſs irgend eine tropfbare Flüſsigkeit den Luftraum *b P* füllen und *b* und *P* in Berührung bringen kann. Die Kette iſt allerdings geſchloſſen, aber durch die unbekannte Ausſtrömung des belebten thieriſchen Stoffes!

Achter Abſchnitt.

Der galvaniſirte Muskel muſs organiſch mit einem Nerven verbunden ſeyn. — Erwärmung der Excitatoren. — Wells Verſuche über die Reibung. — Excitationskraft kann durch einmalige Berührung mitgetheilt werden. — Medium, in welchem galvaniſirt wird. — Verſuche in ſieben Gasarten, im luftleeren und luftverdichteten Raume, in tropfbaren Flüſsigkeiten. — Galvaniſche Erſcheinungen an Pflanzen. — Blick auf den innern Bau derſelben. — Wo iſt die ſenſible Fiber in den Vegetabilien zu ſuchen? — Würmer. — Ueber Nerven der Conchilien, *Hirudo*, *Lumbricus*, und *Sepia*-Arten. — Anatomie der kleinen Waſſerbewohner. — Verſuche mit Naiden, Lernäen, Tänien und Ascarisarten. — Zoonomiſche Betrachtungen. — Inſecten und ihre Nerven. — Fiſche.

Zur Hervorbringung Galvaniſcher Erſcheinungen iſt es unbedingt nothwendig, daſs der Nerv, welcher einen Muskel zur Contraction reizen ſoll, organiſch mit demſelben verbunden ſey. Weit davon entfernt, wie die Boerhaviſche Schule *) den Muskel ſelbſt für Fortſetzung der ſenſiblen Fiber zu halten, ſo ſehen wir doch beide Organe in einem ſo innigen Nexus miteinander ſtehen, daſs die thieriſchen Bewegungen gewiſs eben ſo wenig die Wirkung des einen, als die Flamme die Wirkung der Lebensluft

*) *Marherr Praelect. in Inſtit. phyſiolog. Boerh.* T. 2. *p.* 614.

allein zu nennen ist. Zwar hat die Analogie des galvanischen und elektrischen Fluidums auch hier zu übereilten Schlüssen verleitet. Wenn ein Nerv aus einem Muskel ausgeschnitten, und wieder mit ihm in Berührung gebracht wird, so kann ein Schlag der Kleistischen Flasche allerdings den Muskel erschüttern. Dies ist aber blofs Folge der Hallerschen Irritabilität, und es ist gleichgültig, ob man den Schlag durch das Nervenstück, oder ein Metall in die irritable Fiber leitet. Beim Galvanischen Versuche wird die Muskelerschütterung aber durch die alleinige Reaction des gereizten Nerven hervorgebracht. Wenn man den armirten Cruralnerven eines auch noch so lebhaften Frosches recht tief ausschneidet und ihn sorgfältig an eine Stelle des Schenkelmuskels legt, wo kein Nervenast selbst durch die Lupe zu beobachten ist, so entsteht nie eine Contraction, man mag Nerv und Zink, oder Schenkel und Zink durch Silber miteinander verbinden. Geschieht dies Experiment weniger sorgfältig, *) so erfolgen allerdings bisweilen Muskelbewegungen. Der Grund derselben liegt aber, wie ich oftmals gefunden, darin, dafs der ausgeschnittene Nerv an einen feinen, noch mit Muskelfasern organisch verbundenen Nerven zufällig anliegt. Jener wirkt alsdann durch Zuleitung auf diesen, und der ganze Versuch ist mit dem Fig. 47. in welchem der Nerv mittelbar armirt ist, völlig übereinstimmend. Ein kenntnifsvoller junger Wundarzt bei der deutschen Rheinarmee, dessen

*) Vergl. *Reil de irritabilitate, p. 43.*

Name mir leider entfallen ist, erzählte mir im Hauptquartier zu Munzernheim, unter mehrern merkwürdigen Experimenten, dieselbe Beobachtung angestellt zu haben.

Ich habe bereits oben (gegen Valli) angezeigt, dass idioelektrische Körper, als: Glas, Bernstein und Siegellack, wenn sie auch noch so dünn sind, durch die Glühhitze nicht leitend für den Galvanischen Reiz werden. Weit wirksamer finde ich die Anhäufung des Wärmestoffs, in den sogenannten Excitatoren, d. i. in den metallischen Armaturen.

Die Herren Fowler und Pfaff*) behaupten zwar, dass Metalle bei einer hohen Temperatur eben so wirkten, als bei einer niedrigern. Wiederholte Versuche haben mich aber belehrt, dass dies nur bei der Glühhitze der Fall ist, nicht aber bei einer leisen Erwärmung, welche die Verdampfung befördert. Diese vermehrt allerdings die Contractionen. Es bedarf hier keiner Erinnerung, dass nie die Armaturen**) selbst, mit denen die belebten Organe in Berührung stehen, sondern nur die Zwischenglieder erhitzt werden dürfen. Jene würden ihre Temperatur schnell dem Nerv und Muskel mittheilen und die Erregbarkeit derselben ändern, woraus dann unreine Resultate erfolgten. Am auffallendsten ist die Wirkung der Erwärmung bei dem Hauchversuche (Fig. 35.),

*) *Fowlers Experiments and Obs. p.* 21. Pfaff a. a. O. S. 36.

**) Ich habe einmal die Zinkarmatur so erglüht, dass der Nerv darauf zischte. Die Contractionen erfolgten dennoch bis der Nerv ganz zusammengeschrumpft war.

welcher am Ende des vierten Abschnitts umständlich beschrieben ist. Wenn das heterogene Metall *Z*, welches auf einer Fläche mit einer verdampfenden Flüssigkeit belegt seyn muss, eine Temperatur von 60 — 70° R. erhält, so werden die Muskeln weit heftiger erschüttert, als wenn *Z* die gewöhnliche Temperatur von 10 — 12° R. hat. Aber nicht bloss Mittheilung des Wärmestoffs oder Uebergang desselben von einer Substanz in die andere, sondern auch ursprüngliche Erregung desselben durch Reibung scheint die Galvanischen Versuche zu begünstigen. Der D. Wells hat hierüber sinnreiche Beobachtungen gesammelt, welche bereits am 19. Merz 1795 der Königlichen Societät zu London vorgelegt wurden. Da dieselben noch ungedruckt sind, so war es mir um so willkommener, sie durch Herrn Pictet und Herrn Allen, welcher gegenwärtig mit vielem Beifall über die Physiologia comparata zu Edinburg lieset, mitgetheilt zu erhalten. — Eben diesem Schottischen Gelehrten verdanke ich sehr feine kritische Bemerkungen, welche er über meine Ideen vom Muskelreize in seinen Vorlesungen geäussert hat. — Der D. Wells fand, dass wenn zwei homogene Metalle keine Zuckungen *) erregten, dieselben eintraten, wenn eines derselben an einem Ende mit Seide, Wolle, Fischhaut, Siegellack, Holz, Marmor, oder der Hand gerieben wurde.

*) Er läugnet überhaupt, dass ganz homogene Metalle von einerlei Temperatur Galvanische Erscheinungen geben. Vielleicht würden ihn meine im vierten Abschnitte erzählten Versuche Fig. 16. und 17. von diesem Irrthume zurückbringen.

Befeuchtung begünſtigte den Effect des Reibens. Das geriebene Metall behielt ſeine Excitationskraft, auch wenn es über 200 Contractionen erweckt hatte. Ja, was noch ſonderbarer ſcheint, Herr Wells beobachtete, daſs die Wirkung des Reibens ſehr geſchwächt wurde, wenn daſſelbe nicht an einem, ſondern an beiden Enden der Armatur geſchah. Bisweilen ſtieg dieſe Schwächung bis zur völligen Vernichtung der Excitationskraft, und es ſchien dann, als hebe ein gleichſtarkes Reiben an zwei Enden die vorige Wirkſamkeit auf.

Dieſes letzte Experiment iſt mir nicht geglückt, ob ich gleich noch vor wenigen Stunden damit beſchaftigt war. Vielleicht liegt der Grund in einem beſtimmten und mittlern Grade der Erregbarkeit, welcher dazu erfordert wird. Da ich alſo ungewiſs ſeyn muſs, ob ich mit Herrn Wells unter einerlei Bedingungen experimentirte, ſo bin ich weit entfernt, ihn einer Selbſttäuſchung zu beſchuldigen. Vielmehr habe ich ſchon früher eine Reihe von Verſuchen angeſtellt, welche vielleicht mit den ſeinigen in einiger Beziehung ſtehen.

Wenn ein Schenkelnerv (Fig. 60.) mit Golde *A* armirt iſt, und mit homogenem Golde berührt, keine Contractionen erregt; ſo erfolgen dieſelben in vielen Fällen augenblicklich, wenn man *A* in *r* mit Zink erſchütternd ſchlägt, und nun den Verſuch wiederholt. Dieſe Erſcheinung iſt überaus merkwürdig und neu. Wenn das Gelingen, oder Nichtgelingen in Fig. 32. oder 35. von einem bloſsen Hauche abhängt, ſo iſt es hier an etwas noch Feineres, an

das einmalige Berühren zweier Metalle gebunden. Man glaube nicht, der Zink wirke dadurch auf *A*, daſs er im Reiben etwas von ſeiner Subſtanz fahren laſſe. Wäre dies der Fall, bildete ſich auf dem Golde ein Ueberzug von Zink, ſo würde die Muskelerſchütterung nur dann erfolgen, wenn *A* in *r*, und nicht, wenn es in *s*, (wo kein Zink hingetroffen,) mittels *B* mit dem Schenkel verbunden wird. Der Contact des Goldes und Zinks theilt jenem alſo etwas mit, was, von dem Berührungspuncte aus, ſich auf die ganze Fläche verbreitet. Was iſt dieſes Etwas? — Noch mehr: wenn die Erregbarkeit der Organe ſchon zu ſehr herabgeſtimmt iſt, um in Fig. 25., (wo Zink *a*, Muskelfleiſch *b*, Gold *c*, und Silber *k*, mit den belebten Organen eine Kette bilden,) wirkſam gereizt zu werden, ſo habe ich die heftigſte Muskelerſchütterung eintreten geſehen, wenn *k* das Gold nicht eher berührt, als bis daſſelbe durch einen iſolirenden Körper auf den Zink niedergedrückt wird, und der Contact von *c* und *a* bereits eben wieder aufgehoben iſt. Hier wird abermals durch einmalige Berührung der Metalle das Hinderniſs hinweggeräumt, welches der Wirkſamkeit der Reizung im Wege ſtand. Wenn man recht ſchnell verfährt, ſo kann man auch, ſtatt *c* auf *a* niederzudrücken, es mit einer Pincette von *b* abnehmen, auf eine dritte Zinkſtange ſchlagen und in ſeine vorige Lage zurückbringen. Hiebei hat ſich durch viele Verſuche gezeigt, daſs *c* auf ein anderes (homogenes) Goldſtück geſchlagen, gar keine, auf Eiſen eine ſchwache, auf Zink hingegen eine ſehr ſtarke Excitationskraft erhält.

erhält. In der Verschiedenartigkeit der Metalle liegt alſo der eigentliche Grund der Wirkſamkeit. Dieſelbe wird gleich ſtark mitgetheilt, der erſchütternde Contact mag bloſs mit dem Rande, oder mit der ganzen Fläche geſchehen. Dagegen bemerke ich deutlich, daſs die Muskularcontractionen in den erſten 2 bis 3 Secunden nach dem Contact von *c* und *a*, um vieles lebhafter, als in den folgenden 12 bis 14 Secunden waren. Nach 20 bis 28 Secunden war die Verbindung von *k* und *c* wieder völlig unwirkſam. Theilt der Zink dem Golde etwas mit, das in die Atmosphäre verdunſtet? Bei ſehr reizbaren Thieren konnte ich dieſe Erſcheinungen nicht beobachten, weil bei dieſen in den Verſuchen (mit und ohne homogene Metalle) Fig. 60 und 25. ſchon an ſich Zukkungen entſtehen, *A* und *c* mag durch Zink erſchüttert werden, oder nicht. Dagegen haben ſie mich zahlloſe male bei minder reizbaren Individuen, ſelbſt bei Mäuſen und Kaninchen, in Erſtaunen geſetzt. Ich habe durch aufmerkſame Zeugen alle Nebenumſtände unterſuchen laſſen, und wir ſind immer von dem Verdachte der Selbſttäuſchung *) zurückgekommen. Was kann auch in der That entſcheidender ſeyn, als wenn man, da (Fig. 25.) *c* fünf bis ſechs mal durch den Muskelleiter *k* ohne Contractionen

*) Man hüte ſich beſonders in Fig. 25. das Stück Muskelfleiſch *b* nicht ſo dünn auszuwählen, daſs das daraufliegende *c* nach der Erſchütterung durch Zink noch mit *b* in Contact bleibt. Wenn dann Contractionen erfolgen, ſo beſtätigen dieſelben bloſs die ſchon längſt bekannte Erfahrung, daſs eine Kette bloſser Metalle ſtärker, als eine durch Muskelfleiſch unterbrochene Kette reizt.

berührt wurde, diese Contractionen sogleich lebhaft eintreten, abnehmen und verschwinden sieht, je nachdem die Berührung von *k* und *c*, gleich nachdem *c* von *a* erschüttert worden ist, oder später geschieht? — Dennoch habe ich diesen Versuch, (ich möchte ihn ein Galvanisiren der Metalle nennen, wenn der Ausdruck nicht eben so vielseitig, als der des Magnetisirens wäre,) gewiss an 20 verschiedenen Thieren vergebens angestellt. Die Zuckungen erfolgten so wenig vor dem Contacte von *a* und *c*, als nachher. Warum? Weil jene Thiere, die eine Bedingung, unter welcher der Versuch glückt, die eines bestimmten Zustandes der Reizempfänglichkeit, nicht erfüllten. Die Erschütterung des Goldes durch Zink ist nemlich nur bei einem mittlern Grade der Erregbarkeit, bei einem Grade möglich, welcher zunächst auf den folgt, in welchem selbst ganz homogene Metalle reizen. Den Beweis dieser Behauptung finde ich darin, dass mir (bei matten Organen) der Versuch Fig. 66. nie, und bei lebhaften gerade dann gelang, wenn der Stimulus in Fig. 24. eben aufhörte, wirksam zu seyn. Der thierische Stoff läuft, wie ein rollendes Rad, von der höchsten Stuffe der Incitabilität zur niedrigsten herab. Auf jedem Punct des Wegs giebt er verschiedene Erscheinungen. Wollen wir ihn auf einer derselben ertappen, so müssen wir nicht zu früh, oder zu spät in die Speichen des Rades greifen!

Um die Bedingungen und Verhältnisse, unter denen die Phänomene des Galvanismus eintreten, recht vollständig zu entwickeln, müssen wir auch das

Medium betrachten, in welchem ſich die Kette der Metalle und belebten Organe befindet. Sind dieſelben ſich gleich, in den verſchiedenen Arten der tropfbaren und gasförmigen Flüſsigkeiten, im luftdünnen und im luftverdickten Raume? Ich habe es für nöthig gehalten, hierüber, unter einem eignen Glasapparate, mehrere Verſuche anzuſtellen, welche aber ihrer Natur nach nicht ſehr beſtimmte Reſultate gewähren können. Wenn ich z. B. einen Froſchſchenkel lange der Kohlenſauren Luft, oder dem oxygenirten Salzdunſte ausſetzte, und in dieſen Flüſsigkeiten ſelbſt den Metallreiz auf ihn anwandte, ſo fand ich die Lebhaftigkeit der Contractionen in der erſtern geſchwächt, in der letztern erhöht. Es wäre ſehr unrichtig geweſen, hieraus zu ſchlieſsen, daſs die Metalle in der einen Gasart ſtärker, als in der andern wirkten. Nur die Reizempfänglichkeit der Fiber wurde erhöht; denn der in kohlenſaurem Gas gelegene Schenkel zuckte gleich ſchwach, er mochte nachmals im oxygenirten Salzdunſte, in der Lebensluft, oder unter Waſſer dem Galvaniſchen Reizmittel unterworfen werden. Wenn man daher auch mit mir annimmt, daſs der Stimulus in den Erſcheinungen des Galvanismus von den belebten Organen ſelbſt ausgeht, und daſs die Metalle bloſs dadurch den Grad der Reizung modificiren, daſs ſie dem aus den Nerven ausſtrömenden ± G mehr oder weniger Widerſtand leiſten; ſo iſt Einfluſs auf den Metallreiz und Einfluſs auf die thieriſchen Organe doch noch nicht ſynonym. Was die Erregbarkeit der letztern ſtimmt, muſs freilich die Reizung

felbft abändern. Könnte aber das Medium, in welchem experimentirt wird, nicht blofs das Hindernifs, welches die Metalle dem Nervenfluidum fetzen, vermehren, oder vermindern, ohne fich auf die irritable und fenfible Fiber felbft wirkfam zu äufsern? Betrachtet man vollends den Nerv als Elektrofkop, oder läfst die in demfelben enthaltene Elektricität durch die Metalle angezogen, oder zurückgedämmet werden, oder glaubt man, dafs der Stimulus fich auf Zerfetzung des Waffers und Freiwerden des Sauerftoffs gründe, fo ift ein noch mannichfaltigerer Einflufs jenes Mediums auf das Anziehen, Zurückftofsen und Zerfetzen gedenkbar. Ich übergehe daher alle diejenigen Verfuche, bei denen ich die thierifchen Organe viele Minuten lang der zu prüfenden Flüffigkeit ausfetzte, und hebe blofs die Refultate derjenigen aus, in welchen die Contractionen gleich in den erften Secunden durch die Metalle erregt wurden. Es ift leicht, einen Haufen von Erfahrungen flüchtig aufzufammeln, fchwieriger aber die Natur fo zu befragen, dafs man nur eine und nicht viele Antworten zugleich von ihr erzwingt.

Um die künftlichen Gasarten in ihrer ganzen Reinheit bei dem Metallreize anzuwenden, habe ich mich folgender Vorrichtung bedient. Ich brachte den Frofchfchenkel fchon vorher in die Glasglocke, als fie noch mit Waffer gefüllt war und ehe die Luft hineinftieg. Dadurch gewann ich den Vortheil, dafs durch nachmalige Oefnung des obern Stöpfels die zu prüfende Gasart nicht mit atmosphärifcher Luft verunreiniget wurde. Der Cruralnerv wurde mit einem

Stanniolblättchen umwickelt, und konnte mittels eines seidenen Fadens bewegt werden. Auf dem Teller, den ich unter die Glocke schob, als sie mit der Gasart gefüllt war, hatte ich ein Tischchen mit einer Silberplatte dergestalt befestigt, dass diese letztere um 2 Zoll über dem Wasser hervorragte. Indem ich nun den Schenkel darauf hinabliess, kam Nerv, Stanniol und Silber in Berührung, und das Galvanisiren geschah mitten in der künstlichen Gasart. Auf diese Weise habe ich bisher 7 Luftarten, Sauerstoffgas, nitröse Luft, Wasserstoffgas, Stickgas (mittels Absorption durch Schwefelleber bereitet) kohlensaures Gas, oxygenirten Kochsalzdunst und Gas hydrogène-pesant (aus Agaricus campestris gezogen), sorgfältig geprüft. Meine Geduld würde gewiss dabei ermüdet seyn, wenn ich nicht denselben einmal gefüllten Apparat nebenbei zu vielen andern wichtigen Versuchen (über Pulsation des Herzens, das Leben kleiner Wasserthiere u. s. f.) hätte anwenden können. Ich kann versichern, dass wenn die thierischen Organe nicht viele Minuten lang in den Gasarten blieben, sondern gleich nach Füllung der Glocken galvanisirt wurden, der Reiz in allen 7 verschiedenen Flüssigkeiten weder grösser noch geringer, als in der atmosphärischen Luft war. Nur beim oxygenirten Kochsalzdunste bemerkte ich einige Zunahme der Contractionen, beim hydrogène-pesant Schwächung derselben. Vielleicht beziehen sich aber diese Erscheinungen auch nicht auf den Metallreiz,

fondern lehren nur die fchnelle Wirkung jener Gasarten auf die fenfiblen und irritablen Fibern.

Im luftleeren und luftverdichteten Raume hat Herr Aldini bereits 1794 vielfache Verfuche angeftellt. Sein Apparat, in dem die Metalle in den Glasglocken mit Magneten bewegt werden, feine Methode, fich ein grofses Toricellifches Vacuum (ftatt des unvollkommenen Guerickefchen) zu verfchaffen, macht feinem Scharffinn und dem des gelehrten Bologneser Phyfikers, Francesco Borelli, Ehre. *) Im luftleeren Raume waren die Contractionen allerdings fchwächer, in der verdickten Luft lebhafter, als in der Atmosphäre. Da diefelben Frofchfchenkel aber, aus der Glocke herausgenommen, fortfuhren, gleich ftarke und gleich fchwache Muskelbewegungen zu zeigen, fo fcheint mir der Grund des obigen Phänomens in der unmittelbar veränderten Reizempfänglichkeit der Organe zu liegen. Mit der Pincette gekniffen, oder mit der alkalifchen Solution beftrichen, würden die Nerven im luftleeren Raume gewifs auch fchwächer gereizt worden feyn. Demnach fteht das Medium in keiner unmittelbaren Verbindung mit dem Galvanismus. Es ftrömt aus demfelben nichts in die Metalle ein. In diefen und in den thierifchen Organen felbft find alle Bedingungen der Reizung enthalten.

*) S. *Aldini de anim. electric. p.* 20. 24. 28 — 30. und 50. Aus diefer Methode, ein Toricellifches Vacuum hervorzubringen, verbunden mit den leider von Künftlern wenig beachteten Vorfchlägen der Herren Baader und Hindenburg, liefse fich gewifs ein wirkfamerer Apparat, als alle Smeatonfche und Cuthbertfonfche Luftpumpen, zufammenfetzen.

In allen tropfbaren Flüſſigkeiten, (auſser Oel) im Queckſilber, Waſſer, Weingeiſte, Blute, in Kochſalzſäure u. ſ. f. finde ich ebenfalls die Galvaniſchen Verſuche völlig übereinſtimmend. Aus dem Umſtande, daſs der Stimulus in einem leitenden Fluidum angebracht wird, ſind die wenigen Eigenheiten, welche ſich dabei zeigen, leicht zu erklären. *) Wenn (Fig. 67.) der Cruralnerv *a* mit ſeiner Zinkarmatur *b* zum Beiſpiel unter Waſſer liegt, und *b* mit einer ſilbernen Pincette *c* berührt wird, ſo zuckt *a* noch eher, als es vom Silber getroffen wird. Man würde ſehr falſch ſchlieſsen, wenn man glaubte, hier den von mir entdeckten ſeltenen Fall, ohne Kette (S. den Anfang des dritten Abſchnitts) aufgefunden zu haben. Die Kette iſt wirklich vorhanden, da die Waſſerſchicht *d* die Leitung von *c* nach *a* bildet. Dieſes Verhältniſs wird am deutlichſten, wenn man *b* ſo ſtellt, daſs es halb von Waſſer und halb von Luft umgeben iſt. Trift dann *c* daſſelbe in der obern Hälfte, ſo entſteht die Muskelreizung nicht eher, als bis der andere ſilberne Schenkel das Waſſer, oder das thieriſche Organ ſelbſt berührt. Denn in dieſem Falle fehlt (wie Fig. 9.) alle Zuleitung von *o* nach *d*. — Mehrere Phyſiker behaupten, daſs die Metalle im Waſſer eigene wirkſame Atmoſphären um ſich verbreiten, und es ſcheint, als wenn meine Beobachtungen über die Eigenſchaft der thieriſchen Materie, aus der Entfernung zu reizen, dieſer Behauptung noch mehr Zuverſicht gegeben habe. Man

*) Vergl. *Cavallo's complete Treatiſe on Electricity, Vol. III.* 1795. *p.* 60. Pfaff a. a. O. p. 38.

glaubt, dafs die, den Metallen nahen Wafferfchichten, eine Zerfetzung erleiden, und dafs der entbundene Sauerftoff die Grenze jener Atmosphäre beftimme. Meine bisherigen Verfuche haben mich ganz von diefen Ideen abgeleitet. Ich habe bei den matteften Thieren Contractionen der Muskeln bemerkt, wenn auch beide Schenkel der filbernen Pincette c unter dem Waffer zollweit von den Organen entfernt waren. Ich habe diefe Contractionen nicht zunehmen fehen, wenn ich c dem Nerven nahete!

Es ift ein befonderes Glück, dafs wir gewöhnlich in einem Medium experimentiren, welches zu den ifolirenden Flüffigkeiten gehört. Wie weit würden wir ohne diefen Umftand noch in der Kenntnifs der Bedingungen des Galvanismus zurück feyn. Gerade die feineren Verfuche, z. B. der ohne Kette Fig. 9—13. und der mit einem Metalle, welches auf einer Fläche mit einer verdampfenden Flüffigkeit belegt ift, find unter Waffer unmöglich anzuftellen.

Bis hieher find wir die Galvanifchen Erfcheinungen nach ihren innern Verhältniffen, ohne Bezug auf die Thiergattung, durchgegangen, auf welche der Stimulus applicirt ward. Da aber der eigenthümliche Charakter, welchen die bildende Natur den verfchiedenen Mifchungen organifcher Materie eingeprägt hat, fich auch in der Art darftellt, wie diefelben von äufsern Reizen afficirt werden, fo wird es nicht unnütz fcheinen, einen Blick auf diefe Verfchiedenheit zu heften. Diefe Ueberficht wird mich zugleich veranlaffen, einzelne Beobachtungen einzuftreuen, welche vielleicht nicht ganz un-

wichtig für die vergleichende Physiologie und Anatomie sind.

Pflanzen. — Ich fange von den Pflanzen an, denen wir aus Unkunde ihres innern Baues, und weil wir sie mit den gröſsern Thieren, die uns umgeben, und nicht mit der Claſſe der Mollusca und Zoophyten vergleichen, *) die niedrigſte Stuffe der Organiſation, den einfachſten Körperbau zuſchreiben. Da ich ſeit mehrern Jahren mit ihrer Phyſiologie beſchäftigt bin, ſo wurde ich, ſeitdem die Galvaniſchen Verſuche in Deutſchland zuerſt durch Herrn Schmuck bekannt wurden, von vielen Seiten aufgefordert, den Metallreiz auf die vegetabiliſche Fiber anzuwenden. Ohne mich auf die Wahrſcheinlichkeit, oder Unwahrſcheinlichkeit des Gelingens, (gegen welches ich gerechte Zweifel hegte,) einzulaſſen, legte ich ſogleich Hand ans Werk. Ich that dies um ſo lieber, da Iberti's und Schmuck's Beobachtungen, nach Herrn Pfaff's **) Zeugniſſe ſelbſt noch immer zu flüchtig und unzureichend waren. Aber die ſorgfältigſten und ermüdendſten Verſuche, welche ich in drei Sommern mit den Blättern der Mimoſa pudica, und dem Hedyſarum gyrans, mit den Staubfäden der Urtica pilulifera, Cactus opuntia und Berberis vulgaris angeſtellt habe, waren ohne Erfolg. Ich habe mehrere Mimoſen da-

*) Ueber den Urſprung des Begriffs: Pflanze, vergl. meine *Flora Friberg. p.* 151.

**) Iberti im *Eſprit des Journaux,* 1794. *T.* 3. *p.* 210. Schmuck in *Ludwigii Scriptor. nevrolog. minores,* *T.* 3. *p.* 21. Pfaff a. a. O. S. 118.

rüber aufgeopfert, bald die Oberhaut entblöfst, um die Metalle wirkfamer anzulegen, bald die gefchloffenen Blätter durch anhaltendes Galvanifiren früher, als durch blofses Licht, zu eröfnen gedacht, bald frifches Muskelfleifch, oder ganze Frofchfchenkel mit den Blättchen, oder Zweigen verbunden, um das Galvanifche Fluidum durchzuleiten; aber nie konnte ich eine Erfcheinung bemerken, welche fich nicht aus den längft bekannten Gefetzen mechanifcher Reizung erklären liefse. *)

Wenn man indefs auch (wie bis jetzt blofs wahrfcheinlich ift,) nie dahin gelangen follte, den wirkfamen Einflufs des Metallreizes auf die Pflanzenfiber zu entdecken; fo würde man daraus doch noch keine Schlüffe für die Verfchiedenheit der thierifchen und vegetabilifchen Organifation ziehen können und dürfen. Die Exiftenz der irritablen Fiber im Pflanzenreiche ift durch die Arbeiten der Herren Brugmanns, Coulon und van Marum zuerft **) erwiefen worden. Ich fchmeichle mir, diefe Exiftenz

*) Ich bin fo eben durch die Güte des jüngern Herrn von Jacquin mit frifchem Saamen von Hedyfarum gyrans befchenkt worden, mit deren Pflänzchen ich jene Verfuche abermals wiederholen will. Auch mit manchen Schwämmen, deren Mifchung der thierifchen Materie ohnedies fo nahe kommt, mit den Gattungen Pilobolus und Afcobolus, deren Phyfiologie Herr Perfoon neuerlichft (*Obfervat. mycologicae, P. I. p.* 33 und 76.) durch fo viele neue Beobachtungen aufgeklärt, liefsen fich zur Zeit der Saamenreife einige gewagte Experimente anftellen.

**) Vermuthet hatte freilich diefe Lebenskraft felbft fchon *Ariftoteles de anima, lib. II.* 170. und *Theophraft. hift. plant. lib. I. c.* 28.

in meiner chemifchen Phyfiologie der Pflanzen *) nicht nur durch neuere Verfuche beftätigt, fondern auch die Entftehung, Mifchung, Ernährung, Erregbarkeit und Reizung der vegetabilifchen Fafer fo dargeftellt zu haben, dafs ihre Analogie mit der thierifchen in dem hellften Lichte erfcheint. Aber Irritabilität eines Organs ift nicht hinlänglich, um in demfelben galvanifche Erfcheinungen zu erregen. Es gehört (wie im fechften Abfchnitte gezeigt worden,) auch das Dafeyn der fenfiblen Fibern dazu. Hier treten wir in einen Gefichtspunkt, aus welchem die Galvanifchen Verfuche an Pflanzen manchem Phyfiker wichtig geworden find. Die Nervenlofigkeit der Vegetabilien und Würmer wurde als eine Hauptftütze des Satzes, dafs Reizbarkeit und Empfindlichkeit zwei verfchiedene Grundkräfte wären, betrachtet. Wenn man Hallers Schriften nachliefet, fo findet man, dafs der grofse Mann, der die Natur, mit welcher er fo innigft vertraut war, nie nach feinen Lieblingsideen ummodelte, fich diefer Beweisart nur immer mit Befcheidenheit und Schüchternheit bediente. Seine fpätern

*) Was ich in diefer Schrift fibra muscularis oder irritabilis nannte, würde ich jetzt mit Herrn Reil lieber fibra communis nennen. Ob mir gleich der Name nicht ganz paffend fcheint, fo ift es doch gewifs fehr wichtig, die Reizbarkeit der eigentlichen Muskelfafer von der, welche die cutis, das fcrotum, der uterus und andere aus Zellgewebe gebildete Theile befitzen, zu unterfcheiden. Man lefe darüber nach: *Reil et Gautier de irritabilitate, p.* 61 und 80, wo überhaupt vieles, was ich in der Pflanzenphyfiologie nur andeutete, weiter entwickelt und richtiger ausgedrückt ift.

Nachfolger aber drückten ſich entſcheidender darüber aus. Ja! man ſuchte die reizbare Muskelfaſer in den Pflanzen nur darum deſto deutlicher zu erweiſen, um, wie Herr Gahagan *) daraus den Schluſs zu ziehen: „*that the functions of irritability in animals* „*are equally independent of nervous energy.*" Auch Dr. Croone, der ſcharfſinnige Phyſiologe in Gresham College, hielt Reizbarkeit und Aſſimilation unabhängig von der Nervenkraft, und begriff beide unter dem Namen ſimple life, die er den Pflanzen und Thieren zuſchrieb. **)

Was aber berechtigt uns, den Vegetabilien die Nerven apodiktiſch abzuleugnen, weil wir ſie bisher noch nicht entdeckt haben? Wie keck berief man ſich nicht ehemals auf die Nervenloſigkeit der Würmer, und doch iſt in dieſen (wie ich gleich unten zeigen werde,) bis auf die kleinſten Seebewohner herab, die ſenſible Fiber entdeckt worden! Wie wenig Fleiſs iſt bisher noch auf die Anatomie der Pflanzen gewandt worden! Welche Schwierigkeit ſetzt die Undurchſichtigkeit der Theile den mikroſkopiſchen Unterſuchungen entgegen! Wie manche Organe hat der Anatom entdeckt, um deren Nutzen er den Phyſiologen vergebens befragt! Die meiſten Pflanzen, welche am Boden geheftet, mit geöfneten Nahrungswegen die ihnen zuſtrömende

*) Vergl. die übrigens treffliche Abhandlung: *Obſervations on the irritability of plants* in *Duncan's Med. Commentar. Dec. II. Vol.* 4. 1790, *p.* 375.

**) *The Croonian lecture on muscular motion read at the R. Soc. nov.* 13th *and* 20th 1788. *Ed.* 2. 1790. *p.* 26.

Speiſe einſaugen, bedürfen keiner Nerven, um ganze Bündel von Längenfaſern (Muskeln) dadurch zu bewegen. Sie brauchen ihre Nahrung nicht zu erhaſchen, ſondern ſie breiten ihre Wurzeln und Blätter aus, um ihre Oberfläche, und damit ihre Aſſimilation zu vermehren. Sie bilden daher gleichſam nur ein Gewebe mannichfaltiger Gefäſse, welche theils noch dem durchſtrömenden Safte und den Gasarten geöffnet, theils verengt und ausgefüllt ſind. Wenn Vegetabilien alſo mit Nerven ausgerüſtet ſind, wenn ihre reizbare Faſer mit der ſenſiblen (wie bei den gröſsern belebten Weſen, die uns umgeben) zu einem organiſchen Ganzen verbunden iſt, wo iſt dieſe letztere wohl eher zu ſuchen, als an den Häuten der ſaftführenden Gefäſse. *) Man werfe nur einen Blick auf die Kleinheit der Nervenäſte, welche viele Arterien im Menſchen umſchlingen, und man wird die Schwierigkeit fühlen, etwas ähnliches im Pflanzenreiche zu entdecken, im Pflanzenreiche, wo wir auch in den ſaftreichſten Stengeln, auſser den vaſis pneumato-chymiferis, faſt nie die offene Höhlung der Gefäſse entdecken, wo wir den Lauf derſelben meiſt nur durch den Kunſtgriff der Färbung mit Rubia erforſchen, und wo die beſten Vergröſ-

*) Ich erſtaune, daſs einer unſrer tiefſinnigſten Phyſiologen, Friedr. Kielmeyer, nicht bloſs die Reizbarkeit der Pflanzengefäſse, ſondern auch die der Arterien leugnet. S. von der Propulſionskraft in Kielmeyer's Rede über die Verhältniſſe der organiſchen Kräfte, 1793. S. 10. und dagegen Sömmering's Gefäſslehre, §. 58.

ſerungen nur ganze Bündel von Arterien, *) nicht einzelne, zeigen. Dieſe Schwierigkeit nimmt zu, wenn bei den Vegetabilien, wie im thieriſchen Körper mit der Kleinheit der Gefäſse auch die Zahl der umſchlingenden Nerven, und die Dichtigkeit **) ihres in die Haut gleichſam angedrückten Gewebes wächſt. Haben doch die Nerven der gröſsern Saugadern im Menſchen, für deren Exiſtenz ſo viele pathologiſche Erſcheinungen ſprechen, dem Auge auch noch nicht dargelegt werden können! Wie viel bleibt den folgenden Jahrhunderten noch zu leiſten übrig!

Zahlloſe Urſachen laſſen ſich denken, aus denen die anſcheinende Unwirkſamkeit des Metallreizes auf die Pflanzen erklärt werden kann. In welchen andern Bewegungen ſoll das Galvaniſiren einer Grasart, oder einer Kohlſtaude ſich wohl äuſsern, als in der ſchnellern Pulſation der Gefäſshäute, im lebhafteren Umtriebe der Säfte, im verſtärkten Geſchäfte der Secretionen? ***) Und welche Wahrneh-

*) Ueber den arteriellen und nervöſen Saft der Pflanzen. S. Herrn Hedwig *Diſſ. de fibra vegetabili*, *p.* 22. — Von der problematiſchen Exiſtenz der vegetabiliſchen Nerven und dem was man dafür angegeben, ſ. meine *Flora Friberg. p.* 152. §. 7.

**) Vergl. Sömmering's Gefäſslehre, §. 50. — Herr Reil ſagt ausdrücklich: *quis in animalculis in quibus effectus organi motorii videmus, ſed non organum ipſum, omnem nervorum abſentiam ea ex ratione negabit, quia nervi non videntur? Quis in plantis, quae analogum fibrae muscularis animantium poſſident, analogum quoddam nervorum refutabit? l. c. p.* 41.

***) D. Croone *l. c. p.* 24. ſagt ſehr richtig: Reizbarkeit äuſſert ſich nicht ſowohl „*in the perceptible motions of* „*the ſenſitive plant, but more particularly in thoſe mo-*

mung ſoll dieſe verfolgen? Wie viele Organe der menſchlichen Maſchine, die papillae renales, die tubuli uriniferi, die iris, der uterus, ſind reizbar, ohne daſs wir durch künſtlich angebrachte Reize ſichtbare Contractionen erregen können. *) Unſer ſteter Umgang mit Thieren, welche mit groſsen Bewegungsmuskeln verſehen ſind, macht, daſs wir unſere Ideen von thieriſcher Bewegung faſt allein von dieſen hernehmen, und überall fibröſe Erſchütterungen zu ſehen verlangen. So wenig aber das Gehirn verdauen, und der Magen Urin bereiten kann, ſo wenig kann das Zellgewebe die convulſiviſchen Contractionen der Muskeln zeigen. Der belebte Stoff kann nur die Erſcheinungen geben, welche der Form und Miſchung ſeiner Beſtandtheile angemeſſen ſind. Wir wollen die zuſammengefalteten Blätter der Mimoſa pudica, oder des Hedyſarum gyrans durch den Metallreiz erwecken, aber wir vergeſſen, daſs das Licht (wie für die Blendung des Auges) ein ſpecifiker Reiz für ihre Blattſtiele iſt. Wir fordern alſo, daſs dieſelben einem Stimulus gehorchen, der ihrer Natur nach kein Stimulus für ſie iſt. Die Elektricität, welche einen ſo unbeſtrittenen Einfluſs auf jene reizbaren Vegetabilien hat, iſt eben ſo wenig, als der Galvaniſche Reiz, im Stande, die Blendung des Auges zu erweitern und die ſchlafenden Blätter zu entfalten. Dazu kommen noch andere Schwierigkeiten. Iſt die

„tions, which muſt neceſſary take place in all plants
„in carrying on their growth.

*) Reil *l. c. p.* 67.

fenfible Fiber in den Pflanzen vorhanden, fo liegt fie gewifs nicht fo frei, dafs fie über der Oberhaut hervorragt. Diefe und andere vegetabilifche Theile befitzen theils gar keine, theils eine fehr fchwache Leitungskraft, und die anliegende Armatur kann nur wirken, wenn fie mittels eines guten Leiters mit dem erregbaren Organe verbunden ift. Das Galvanifiren eines unverletzten Blattftiels kann alfo kaum einige Wirkung auf das Innere haben. Will man zu Einfchnitten fchreiten, fo fieht man, dafs die fchwächende Haemorrhagie allein fchon die Blätter in Schlaf verfenkt. Ja, die grofse Empfindlichkeit aller Vegetabilien für mechanifche Erfchütterungen hindert fchon den Galvanifchen Verfuch. Die Anlegung einer Armatur bringt die Blätter zum Schliesfen, neigt die Staubfäden zum Piftill hin. Wir können alfo nie zu richtigen Refultaten gelangen. Ich könnte noch des Umftandes erwähnen, dafs alle beobachtete Bewegungen in den Vegetabilien (die des Folium ftipulaeforme am Hedyfarum gyrans abgerechnet) unwillkührlich find, und dafs der Metallreiz auch bei Thieren fchwächer in den unwillkührlichen Muskeln, als in den, der Willkühr unterworfenen wirkt; aber ich verlaffe das unfichere Feld hypothetifcher Vermuthungen, und kehre zu eigenen Erfahrungen zurück.

Würmer. — Galvanifche Verfuche waren bisher nur an wenigen Würmern, und zwar nur an den gröffern, geglückt. Herr Pfaff *) fah die Contractio-

*) A. a. O. S. 117.

tractionen der nackten Wegſchnecke, Limax ater. Fowler glaubte ähnliche Wirkungen des Metallreizes am Regenwurme (Lumbricus terreſtris) beobachtet zu haben. Die vergeblichen Verſuche des trefflichen Ludwig *) erregten aber den Verdacht einer mechaniſchen Reizung. An Blutigeln, Muſcheln und Aſcarisarten waren die ſorgfältigſten Bemühungen vergebens. Man fing nun, wie bei den Pflanzen, an zu argumentiren, daſs die Galvaniſchen Experimente nur da glückten, wo wirkliche Nerven vorhanden wären, und daſs die meiſten unvollkommeneren Würmer, aus Mangel an Nerven, ſo wenig als die Pflanzen, Galvaniſche Erſcheinungen darbieten könnten.

Presciani's und Mangili's groſse Entdeckungen haben dieſen Fehlſchlüſſen ein Ziel geſetzt. Presciani, Profeſſor der Phyſiologie zu Pavia, entdeckte bereits vor zwei Jahren das Nervenſyſtem der zweiſchaaligen Conchylien. Wir haben ein groſses anatomiſches Werk von ihm hierüber zu erwarten, und Herr Scarpa verſicherte mich mündlich, daſs unſre Kenntniſs von den Nerven menſchlicher Theile kaum weiter gediehen ſey, als jener Beobachter die Neurologie einzelner Schaalthiere vollendet habe. Er mache ſich jetzt an die Unterſuchung der Aſterien und Zoophyten, und es ſey höchſt wahrſcheinlich, daſs auch dieſe Bemühung nicht fruchtlos bleiben werde. Joſeph Mangili, **)

*) *Script. nevrol. min. T. 4. p. 408. T. 3. p. 340.*

**) *De ſyſtemate nerveo hirudinis, lumbrici terreſtris aliorumque vermium Joſephi Mangili epiſtola, Ticini* 1795.

ein Schüler von Scarpa, hat das Rückenmark und die Bewegungsnerven der Blutigel und Regenwürmer mit Walterscher Genauigkeit und Wahrheit abgebildet. Die Nerven dieser Thiere haben ein wunderbares Schicksal gehabt. Schon im vorigen Jahrhundert beschrieb sie Poupart *) bei der Hirudo und zählte ihre feinsten Nebenzweige. Aber die späteren, Dillenius und Morandus, leugneten ihre Existenz. Willis **) bildete das Gehirn des Lumbricus ab, und Haller, (der Poupart's und Willis Beobachtungen wohl kennen konnte,) berief sich bei dem Streite über Unabhängigkeit der Reizbarkeit von der Sensibilität, kühn auf die Nervenlosigkeit der Blutigel, der Regenwürmer und der Schaalthiere. Hätte der grosse Mann Presciani's und Mangili's Entdeckungen erlebt, er würde die einförmigen Gesetze der thierischen Natur mit uns angestaunt haben, wie vom Elephanten bis zum gallertartigen Bewohner des Meeresbodens herab, die Materie in Fibern aneinander gereiht und überall die reizbare Faser von der sensiblen begleitet ist!

Ohne von diesen Fortschritten der Anatomie jenseits der Alpen zu wissen, machte Herr Abilgaard ***) im Norden ähnliche Entdeckungen.

apud. hered. Petri Galealii, p. 5. Herr Reil, dem ich diese Schrift mitgetheilt, hat uns im ersten Hefte des 2ten Bandes seines Physiologischen Archivs, S. 109. bereits mit einer deutschen Uebersetzung beschenkt.

*) *Journal des Scavans.* 1697. *n.* 28.

**) *De anima brutorum,* 1675. *tab.* 4. *f.* 1.

***) Meine Behauptung über die Sepia in der *Flora Friberg. p.* 152, ist irrig. Herr Abilgaard hat auf meine

Dieser genievolle, unermüdete Naturforscher, welcher das ganze westliche Europa bis Portugal hin durchwandert ist, hat mir hierüber folgende Beobachtungen mitgetheilt. „Er fand mit Herrn Ratje, „dafs das räthselhafte fleischige Organ, welches Otto „Friedrich Müller den Pes, oder Fufs der „Schaalthiere, nennt, ein wahres Hirn enthalte. „Bei der gewöhnlichen Ostrea edulis und dem „Mytilus anatinus liegen darinn, etwas gegen „die Branchien zu, zwei weifse miteinander ver„bundene weiche Körper, von welchen viele Ner„venfäden auslaufen. Ihre Entfernung von den „Werkzeugen der Assimilation, vom Ventrikel, den „anderen Eingeweiden und dem Sipho, oder Anus „scheint der Lage des Seelenorgans bei andern Thie„ren sehr analog. *) In den Actinien, Holo„thurien und Aplysien, (welche zum Geschlechte „Bulla, so wie die Scillaea pelagica zu Doris „gehört,) konnte Herr Abilgaard, so wenig als „Poli und Bohadsch, bisher etwas Nervenarti„ges entdecken, ohnerachtet er die letztern zu Nea„pel von einer so ungeheuern Gröfse untersuchte,

Bitte die Sepia abermals anatomirt, und erkennt nun für Hirn und Nerven, was Swammerdamm und Scarpa dafür ausgeben. Während meines Aufenthalts in Venedig hatte ich ebenfalls Gelegenheit, mich im verflossenen Sommer selbst davon zu überzeugen.

*) Möchte man doch Gelegenheit haben, diese Theile in der ungeheuern Chama gigas der Indischen Meere, deren Fleisch über 30 Pfund wiegt, zu untersuchen! — Auch von Herrn Kielmeyer haben wir noch manche Aufklärung über Anatomie der Schaalthiere zu erwarten. S. dessen Rede a. a. O. S. 21.

„dafs Kleinheit der Theile der Beobachtung wohl „eben nichts entziehen konnte."

Seit meiner Rückkunft aus Italien ift es mir wiederholt geglückt, die von Mangili befchriebenen Nerven zu finden und den Metallreiz auf diefelben anzuwenden. Um durch die Wirkungen des mechanifchen Stimulus bei Anlegung der Armaturen nicht getäufcht zu werden, ftimmte ich die Erregbarkeit der Würmer, mit denen ich experimentirte, durch fchwache Schläge der Kleiftifchen Flafche, oder dadurch herab, dafs ich fie in ein Gemifch von Alkohol und Waffer eine Zeitlang eintauchte. In diefem Zuftande unterwarf ich fie erft den Galvanifchen Verfuchen. Wenn ich das Rückenmark der Blutigel mit Stanniol armirte, brachte der filberne Conductor wechfelsweife ein Zufammenziehen und Ausdehnen der ganzen Mafchine hervor. Wurde hingegen die Belegung unter die feinern, aus dem Rückenmarke entfpringenden Nervenäfte gefchoben, fo bewegten fich blofs einige Bauchringe. Alle diefe Erfcheinungen verfchwanden, wenn das Thier in concentrirtem Alkohol getödtet und feiner Reizbarkeit beraubt war. Der Lumbricus, deffen natürliche Bewegungen fchon an fich rafcher, als die des Blutigels find, wurde auch vom Metallreize lebhafter, als diefer, afficirt. Reizung des Rückenmarks nahe am Schwanze, brachte anfangs nur ein partielles Anfchwellen der benachbarten Muskeln hervor. In wenigen Secunden aber pflanzte fich daffelbe, ohne Anbringung eines neuen Stimulus, durch den ganzen Rücken, bis gegen das Maul, fort. Die Wir-

kungen dieser Sympathie fand ich bei dem schön gefleckten Lumbricus variegatus noch deutlicher, als beim Lumbricus terrester.

Die Gattung Helix gab zu merkwürdigen Versuchen Anlafs. Ich bediente mich der drei bei uns gewöhnlichen Arten: Helix pomatia, Helix nemoralis, und Helix hispida. Wenn ich den Kopf so abschnitt, dafs ein Theil des Rückenmarks mit dem Gehirne in Verbindung blieb, so bewegten sich durch Armirung und Reizung dieses Theils beide Maxillen. *) Bisweilen wurden, so lange der Contact der Metalle dauerte, die Fühlfäden wechselsweise ein- und ausgezogen. Diese Bewegung, welche in einem eigentlichen Ein- und Auskrempen der Augen besteht, wurde ebenfalls hervorgebracht, wenn die abgeschnittenen Tentacula allein galvanisirt wurden. Ein starker elektrischer Schlag machte sie unreizbar. Nervenfäden habe ich mit einer 312000maligen Flächenvergröfserung vergebens darinn gesucht. Umschlingen sie etwa die feinen schwarzbraunen Gefäfse, welche ich, von unten an, in beiden Wänden der Röhre heraufsteigen sah. Geschieht das Auskrempen der Augen, die Verlängerung des Fühlfadens dadurch, dafs diese

*) Helix pomatia hat knorpelartige Maxillen, und in der obern 11 bis 12 lange schwarze, scharfe Zähne, welche denen des Pferdegeschlechts ähnlich sind. Eine flüchtige Untersuchung zeigte sie mir ebenfalls als phosphorsaure Kalkerde. Ich bemerke dies ausdrücklich, da eigentliche Knochen unter den Würmern so selten, als unter den Insecten sind. Von diesen zeigt indefs der Hummer (Cancer gammarus) ein eigenes Knochengerüste im Magen.

Gefäfse fich (wie bei Erection des Penis, oder dem Kopfputze der Phoca criftata) mit zudringendem Safte füllen? — Bei der efsbaren Schnecke (Helix pomatia) wurde felbft der getrennte Speifekanal (wahrfcheinlich ein unwillkührlicher Muskel) vom Metallreize contrahirt. Der Schlund felbft ift mit einer villöfen und zunächft diefer mit einer andern Drüfenhaut ausgefüllt, welche an Pracht und Regelmäfsigkeit faft alles übertrift, was ich je unter dem Mikrofkop fah. Diefe Membran befteht aus einem dichten Gewebe fchlänglicher Gefäfse, welche fich rechtwinklich kreuzen und mit dem Durchkreuzungspuncte erhabene fichtbare Papillen zeigen. Wenn die Haut recht früh abgezogen *)

*) Da bei dem Gebrauche eines Mikrofkops, die Art, wie man das zu prüfende Object bereitet, für die Fruchtbarkeit der Unterfuchung faft mehr, als die Güte des Inftruments entfcheidet, fo darf ich arbeitfame Phyfiologen wohl auf folgenden kleinen Kunftgriff aufmerkfam machen. Will man reizbare Theile im Augenblicke der entftehenden Contraction unter dem Mikrofkope beobachten, fo beftreiche man die ganze Glasplatte, auf welcher das Object liegt, mit Waffer, und leite durch dies Waffer einen Schlag der fchwach geladenen Kleiftifchen Flafche. Wenn die Ketten recht bequem angelegt find, fo kann diefelbe Perfon mit dem Auge durchs Mikrofkop fehen, und mit der Rechten die Flafche entladen. Ich habe bei weniger Uebung diefe Fertigkeit erlangt. — Auch galvanifche Experimente ftelle ich unter dem zufammengefetzten Mikrofkope folgendermafsen an: Ich bediene mich, damit die Strahlen nicht zu fehr verzerrt werden und das Object hinlänglich Licht behalte, einer fchwachen etwa 560omaligen Flächenvergröfserung. Den thierifchen Theil lege ich auf eine polirte Zinkplatte. Damit derfelbe nicht mechanifch gereizt werde, fchiebe ich ein Stückchen Muskelfafer an ihn heran und galva-

wird, ſo bemerkt man, daſs einzelne Maſchen nahe an der Nadel, welche ſie durchbohrt, ſich reizbar verengen und erweitern. Im Sonnenſcheine ſpielen die Papillen und ſchlänglichen Gefäſse, wie die zuſammengeſetzten Augen der Fliege, mit prachtvollen, goldgelben und blauen Strahlen — eine Refraction, welche für ihre erhabene Lage zeugt. Dienen dieſe Papillen dazu, der Speiſe im Schlunde zu begegnen, und einen Theil derſelben zur Aſſimilation einzuſaugen? — Die warzenförmigen Erhebungen, welche die Weinbergsſchnecke auf ihrer Oberhaut zeigt, ſind Drüſen, welche den Schleim excerniren, in dem das Thier gleichſam eingehüllt iſt. Sie bewegen ſich durch den Metallreiz, wenn die Cuticula friſch präparirt wird; ja unter dem Mikroſkope zeigt ſich ſehr deutlich, daſs jedes einzelne Wärzchen ſich unabhängig von den anderen erhob. Dieſer Umſtand iſt gewiſs ſehr auffallend. Ich glaubte anfangs, dieſe partiellen Contractionen entſtänden durch die Lähmung der andern Drüſen. Aber nein! Jede wurde ſichtbar gereizt, wenn der Stimulus unmittelbar auf ſie gerichtet war. Wir ſehen daraus, wie unabhängig in dieſen, mit einer ſo ſtarken Reproductionskraft begabten Thieren, bis auf die kleinſten Organe, ein Theil von dem ande-

niſire ihn ſo, durch Zuleitung. Um der ſilbernen Nadel die Richtung nach der Muskelfaſer hinzugeben, lege ich einen Finger der linken Hand feſt auf den Zink auf, und dicht an dieſem Finger fahre ich mit der Nadel vor- und rückwärts hin, je nachdem die Contraction erfolgen, oder nicht erfolgen ſoll. Zu einem Gegenverſuche muſs eine Spitze von hartem Holze, oder Stahl angewandt werden.

ren ist. Wahrscheinlich ist jeder mit einem eigenen Nervenbündel ausgerüstet.

Die Sepia officinalis konnte ich mir in Genua und Venedig trotz aller meiner Bemühungen, wegen der erstickenden Sommerhitze, nur einmal so frisch schaffen, dass sie zu Galvanischen Versuchen tauglich war. Die meisten Sepien starben, ehe sie die Stadt erreichten, man mochte sie am Lielo, oder bei Palanza und Pelestrina fangen lassen. Ich armirte die fasrige Haut, welche am Fusse die Saugwarzen ringförmig umschliesset. Schon Swammerdamm und andere *) haben dieselbe für einen Muskel gehalten, und deren Einfluss auf die Acetabula gekannt. Wirklich sah ich auch diese sich augenblicklich verengen, als die silberne Pincette ihren Rand berührte. (Mechanische Reizung brachte weder vorher, noch nachher, irgend eine Bewegung hervor.) Merkwürdig war es, dass der einmalige Contact der Metalle alle Reizbarkeit der Saugwarze zu erschöpfen schien. Denn ein zweites Galvanisiren derselben war vergeblich, und ich musste sogleich zu einem andern Fusse übergehen. Ueberhaupt steht die Reproductionskraft der Dintenfische in einem fast umgekehrten Verhältnisse mit der Dauer ihrer Irritabilität nach dem Tode. Wenige selbst warmblütige Thiere verlieren so schnell den letzten Rest der Lebenskraft, als sie. Ja, einmalige Begattung bringt einigen Sepien, wie schon Aristo-

*) Vergl. Schneiders Sammlung verm. Abhandlungen zur Aufklärung der Zoologie, 1784. S. 13.

teles bemerkte, (gleich der einjährigen Pflanze und dem Schmetterlinge) den Tod!

Seit einigen Wochen ist es mir gar geglücket, bei den kleinsten Gattungen der Wasserbewohner aus der Ordnung der Mollusken, Galvanische Erscheinungen hervorzubringen. In der Nais proboscidea *) habe ich deutliches Rückenmark entdeckt. Es quillt hervor, wenn man mit einem sehr scharfen Secirmesser den Kopf des Thierchens abschneidet. Im Profile unterscheidet man es leicht von dem darunterliegenden gallertartigen Zellstoffe. Bei starker Vergrösserung und ausgewachsenen Individuen kann man den weissen Nervenfaden bis an den Anus hin, verfolgen. Er sticht, bei guter Beleuchtung, gegen das darunter liegende schwarze, geschlängelte Eingeweide (Speisesack) deutlich ab. In den zwei ersten Segmenten, welche an den rüsselförmigen Kopf grenzen, bemerkte ich zwei feine Nervenfäden, die aus dem Rückenmarke abgehen. Vielleicht hat jedes Segment ähnliche und die vorderen darum stärkere, weil die Naide im Schwimmen sich hier vorzüglich einkrümmt, und nach der Krümmung ausgestreckt fortschnellt. Wenn ich das Rückenmark des Thierchens vorpresste und gegen Zink legte, so konnte ich mit blossen Augen deutliche Windungen des Hinterleibes bemerken, indem ich diesen mittels Silber mit dem Zinke verband. Auf blossen mechanischen Reiz blieb alles in Ruhe, ja selbst die galva-

*) Otto Friedrich Müller von Würmern des süssen und salzigen Wassers, S. 14. Tab. 1. Fig. 1 bis 4.

nischen Contractionen waren merklich schwächer, wenn der Zink nicht am durchschnittenen Körper, sondern nur an den Seitenborsten (Pedunculis, oder Setis) anlag. Aehnliche Versuche glückten an zwei andern Naiden, der Naida barbata und Naida vermiculari. *) In der erstern war auch der Nervenfaden nach der ganzen Länge des borstigen zweiäugigen Thierchens sichtbar.

Das Daseyn der sensiblen Fiber in dem Körperbaue der Naiden scheint in mehr als einer Hinsicht merkwürdig. In ihrer Fortpflanzung ähneln sie der Wasserlinse (Lemna), unter deren Wurzeln sie sich verbergen, um ihrer Beute aufzulauren. Wie diese, befruchten sie sich durch Verbindung zwiefacher Geschlechter; aber wie diese **) und die lebendig gebährenden Cactus (und Glockenpolypen) treiben sie auch durch Verlängerung ihres hintern Glieds neue Sprösslinge, die sich nach und nach von der Mutter trennen und sich einer selbstständigen Existenz erfreuen. So grenzen sie auf einer Seite an Zoophyten und Pflanzen, an diejenigen Geschöpfe, denen wir eine einfachere Organisation zuschreiben, weil wir ihre Zusammensetzung nicht kennen; auf der andern Seite kettet sie ihr Nervensystem an die kriechenden rothblütigen Amphibien an! Auch auf einen zweiten Umstand muss ich hierbei aufmerksam machen. Die Naiden übertref-

*) Müller a. a. O. S. 80. Tab. 3. Fig. 1 bis 3. Tab. 4. Fig. 1. *Linn. Systema Naturae. Ed. Gmel. T. I. P. 6. p.* 3120. *n. 5 et* 6.

**) Schrank Bair. Flora, B. I. S. 224.

fen an Reproductionskraft alles, was wir an Regenwürmern und Blutigeln versucht haben. Die Beobachtung, dafs die Wiederersetzung verlorner Theile leichter bei den Würmern, die man für nervenlos hielt, als bei den sogenannten vollkommenern, das heifst, mehr nach dem Sinne der Naturforscher gebaueten Thieren vor sich geht, hat die Idee in Umlauf *) gebracht, als wenn der Einflufs der sensiblen Fiber der Reproduction nachtheilig sey. Wie sehr wird diese Meinung durch die Nerven der Gattungen: Limax, Helix, Hirudo, Lumbricus, Mytilus, Sepia und Nais **) widerlegt!

*) Kielmeyer's vortreffliche Rede über die Verh. der org. Kräfte, S. 35. und 15.

**) Wenn man die Nais proboscidea und Nais vermicularis mit einander vergleicht, so wird es auffallend, wie verschiedenartige Thiere unser künstliches, nach äufserer Form classificirendes System unter einen Gattungscharakter zwängt. Was kann dem innern Bau nach heterogener seyn, als jene beiden Species? Die eine hat zwei grofse schwarze Augen, die andere gar keine bisher entdeckten, obgleich sie nach meinen Versuchen dieselbe Empfindlichkeit für's Licht äussert. Die eine hat einen durchsichtigen, einförmigen Körper, die andere ein langes schwärzliches Eingeweide, welches fast das ganze Innere ausfüllt und sich wellenförmig bewegt. Die Bewegung dieses merkwürdigen Theils, den ich sorgfältig beobachtet, scheint mir die eines unwillkührlichen Muskels zu seyn. Es ist mir geglückt, einer Naide den Kopf abzuschneiden, und das gallertartige Fleisch am Rücken so abzulösen, dafs das Eingeweide fast entblöfst dargestellt war. Geschah die Section schnell, so pulsirte dasselbe, selbst verletzt, noch einige Secunden für sich fort. So lange die Naide lebte, sah ich es nie in Ruhe, wohl aber hörte die wellenförmige Pulsation plötzlich auf, wenn ich das Thierchen in alcoholisirtem Opium tödtete. So wie hingegen bei

Von den Naiden ging ich zu der Gattung Lernaea über. Die traubenförmigen Eierstöcke, welche dieses rege, wundersam gebaute Thier freistehend nachschleppt, reizten längst meine Aufmerksamkeit. Ich stellte galvanische Versuche unter dem zusammengesetzten Mikroskope (nach der, in der obigen Note beschriebenen Art) an. Mittels Zink und Gold konnte ich die mondförmig gekrümmten tentacula der Lernaea cyprinacea bewegen. Gegenversuche mit Zink und Eisen missglückten, wenn das Thierchen auch noch so frisch auf die trockene Glasplatte gelegt war. Mit

Fröschen die Bewegungen des Herzens früher verschwinden, als die galvanischen Contractionen der Extremitäten, so ruht auch das Eingeweide der Nais proboscidea längst, wenn ihr Rückenmark noch galvanische Erscheinungen im Schwanze erregt. Ich bin weit davon entfernt, jenen pulsirenden Theil für ein eigentliches Herz zu halten. Ich glaube vielmehr mit Herrn Fordyce (Neue Untersuchung des Verdauungsgeschäftes, 1793. S. 24.) dass er Herz und Magen zugleich ist. Zubereitung der Säfte und Umtrieb durch die Gefässe scheinen bei diesen Geschöpfen durch ein Organ bewirkt zu werden. Gallertartige Muskeln (wie der der Krystalllinse am Menschen) bedürfen, um der Fäulniss zu widerstehen, einer noch schnelleren Erneuerung ihrer Bestandtheile, als die festern, erdigern Fibern der grössern Thiere. Kein Wunder daher, dass jene kleinern Wassergewürme fast unaufhörlich fressen, dass der Speisekanal in steter Bewegung ist, um den in ihn eingemündeten Gefässen stets neuen Stoff der Aneignung zu zu treiben! Wie bei vielen von ihnen das Organ des Gefühls und Gesichts in eins zusammenschmilzt, wie bei den Actinien und Polypen z. B. die ganze Oberhaut specifike Reizbarkeit für das Licht hat, so ziehen sich auch vom Elephanten bis zur Steinflechte herab, die Eingeweide einfacher zusammen, und was in jener unge-

den Eierstöcken waren alle Versuche vergebens. Auch scheint das Thier sie im lebendigen Zustande nicht bewegen zu können. Sie sind mit einer fast hornartigen Haut umgeben, deren Schärfe den Fischen wahrscheinlich so schmerzhafte Wunden in den Branchien verursacht. Sonderbar genug, wie wir in der langen Reihe thierischer Formen bald diesen, bald jenen Theil gleichsam hervortreten sehen, um als Waffe oder Organ des Getastes zu dienen! Wie tief hat die Natur bei allen andern Geschöpfen dieselben Eierstöcke in das Innere des Körpers eingesenkt, welche die Lernaea frei als Schwimmfüsse, oder Widerhaken mit sich führt! — Wenn man Schläge der Kleistischen Flasche mitten durch das Thier, vom Maule bis zu der Seta, zwischen den

heuern Masse organischen Stoffs in mehrern Behältern bereitet wird, bringt hier die Energie einiger wenigen hervor. Man wird nie zu deutlichen Begriffen über Nutrition der Pflanzen gelangen, bevor man nicht tiefere Blicke in die Physiologie der Mollusken gethan hat! — Was ich oben von Uebereinstimmung in den äußsern Formen organischer Geschöpfe, bei völliger Verschiedenheit der innern Structur, erwähnte, ist bei den Pflanzen fast noch auffallender, als bei den Thieren. Ich habe in dieser Hinsicht ähnliche Vegetabilien mikroskopisch untersucht. Was scheint sich näher verwandt, als der Wersingkohl dem Braunkohl, die Brassica Sabauda der Brassica Selenisia Spielm. und betrachten wir die Ausdünstungsgefässe der Oberhaut, so finden wir dieselben bei diesen einzeln, sich nie berührend, klein, sehr gedehnt und mit höchstens 2 bis 3 zuführenden Gefäſsen versehen, bei jenen hingegen gepaart aneinanderstoſsend, doppelt so groſs, rundlich und in 4 bis 5 zuführende Gefäſse (vasa lymphatica Hedwigii) eingemündet! Wie unendlich verschieden sind die Ausdünstungsgefäſse der Cactusarten!

Ovarien durchgehen läſst, ſo ſind alle galvaniſchen Verſuche unwirkſam. Wahrſcheinlich läuft in dieſer Richtung ein Nervenſtamm, deſſen Erſchütterung jene Lähmung verurſacht. Laſſe ich dagegen den Schlag, wie ich (mit mehrern Freunden) unter der einfachen Lupe oftmals beobachtet, vom Maule durch den einen Eierſtock gehen, ſo geben nicht die Tentacula, wohl aber die Seta am Schwanze (welche die Elektricität nicht getroffen,) galvaniſche Contractionen. Dieſer Verſuch, der mit einiger Feinheit angeſtellt werden muſs, indem man den Schlag durch Nadeln ein- und ausleitet, iſt in der That ſehr auffallend. Er lehrt aufs neue die Unabhängigkeit, den Mangel an Conſens in zwei benachbarten Organen dieſer Waſſerbewohner. Ich habe, wenn die Kleiſtiſche Flaſche ſtark geladen war, den einen Eierſtock ſich ablöſen ſehen, und die Seta caudalis verlohr nicht ihre Reizbarkeit! — Noch drängen die Lernaeen dem Phyſiologen zwei Betrachtungen auf, deren ich hier nur beiläufig erwähne. Wenige Waſſerthiere ſchwimmen mit der Schnelligkeit und Gewandheit, als die Lernaeen, und dennoch machen die ſteifen unbeweglichen Eierſtöcke faſt zwei Drittheil ihrer ganzen Maſſe aus. Geben ſie ſich den Stoſs durch einen eigenen Mechanismus der Bauchmuskeln? Denn die Tentacula und Setae ſcheinen bloſs zur Lenkung des Körpers zu dienen. Die andere Frage betrift das Geſchlecht dieſer Thierchen. Jedes Individuum dieſer Gattung hat deutliche Eierſtöcke, jedes iſt des Gebährens fähig. Hat bei ſo ausgebildeten weiblichen Theilen (die Ovaria der

Lernaea cyclopterina nach Müller laſſen ſich 5 Zoll lang ausdehnen) jedes Individuum eben ſo beſtimmte männliche Geſchlechtstheile? Wie geſchieht die Begattung dieſer Hermaphroditen? — Der Verluſt eines Eierſtocks durch einen elektriſchen Schlag, welcher den Leib ſelbſt nicht trift, ſcheint der Munterkeit der Lernaea cyprinacea nicht zu ſchaden. Doch ſehe ich ſeit 5 Wochen auch keine Spur einer Wiedererzeugung.

Selbſt bei denjenigen Thieren, welche in dem Innern anderer organiſchen Körper, dem Sonnenlichte (wie die unterirrdiſchen Vegetabilien) entzogen leben, bei den Gattungen Aſcaris und Taenia habe ich durch den Metallreiz die Exiſtenz der ſenſiblen Fiber erwieſen. Bei der Taenia infundibuliformis einer Ente und der ihr nahe verwandten, von Pallas *) beſchriebenen, kurzgegliederten Taenia paſſeris, aus den Eingeweiden des Hänflings, ſah ich die Haken am Maule ſich ein- und auskrempen, wenn der Leib mit Gold und Zink armirt war. Der Verſuch geſchah zu einer Zeit, wo mechaniſche Reizung gar keine Bewegung mehr hervorbrachte. Aehnliche Erſcheinungen beobachtete ich, obgleich undeutlicher, an der Aſcaris trachealis und Aſcaris infons, welche im heiſsen Sommer in den Lungen der Kröten und Fröſche leicht zu finden ſind. Bei der erſtern ſah ich mittels der Lupe den Rücken, und einmal ſelbſt die dreifaltige Maulklappe erſchüttert werden. Auffallend war es mir, daſs die Aſcaris infons ſchnell im Waſſer

*) Nord. Beiträge, Th. I. p. 87. n. 10.

oder Blute ſtirbt, während daſs die gemeinere Afcaris ranae lange in beiden ausdauert. Sollte vielleicht (denn meine Verſuche ſind freilich nicht zahlreich genug, um apodiktiſch zu entſcheiden) die Verſchiedenheit der Luſtart in Lunge und Eingeweide daran ſchuld ſeyn? Das erſtere Organ iſt mit einem ſtets ſich erneuernden Gemiſche von Stickgas und Lebensluft, das letztere mit irreſpirablem, kohlenſaurem und brennbarem Gas gefüllt. Eben dieſe Fülle der Lebensluft alſo, deren Contact Lungengeſchwüre ſo überaus unheilbar und entzündlich macht, ſcheint der Aſcaris inſons eine unentbehrliche Speiſe zu ſeyn, während daſs Aſcaris ranae eines unendlich geringern Antheils von Sauerſtoff zu ihrer Reſpiration *) bedarf. Durch oxygenirte Kochſalzſäure werden die Bewegungen der Aſcarisarten auf einige Augenblicke lebhafter gemacht. Es entſteht aber bald ein Tod der Ueberreizung, wie ich beſonders auffallend an dem, ſchon von Gleichen gezeichneten Hautbewohner des Regen-

*) Reſpiration — nicht, als wenn ich glaubte, daſs die Eingeweidewürmer durch das Maul ein- und ausathmeten. Die Aufnahme von Gasarten in das Innere eines organiſchen Körpers geſchieht bei gröſsern Thieren durch eine groſse Oeſnung und zahlloſe kleinere, die auf der Oberhaut vertheilt ſind, und ähnliche Functionen, als die Lungen haben. Bei den Gewürmen verſchwindet nach und nach zwar nicht die groſse Oeſnung (Maul), wohl aber ihre Beſtimmung als Inſpirationsorgan. Das Athmen geſchieht in dieſen, wie bei den Pflanzen, durch die Oberhaut, durch welche viele im eigentlichſten Verſtande zugleich fühlen, ſehen, reſpiriren und freſſen.

Regenwurms, dem mikroſkopiſchen Aſcaris lumbrici ſehe, den ein Tröpſchen jener Säure tödtet.

Inſecten. — Herr Blumenbach, dem die Thieranatomie ſo viel verdankt, galvaniſirte die Weidenraupe *) und Herr Dr. Autenrieth den Scorpion, ohne Zuckungen zu erregen. Dagegen glückten Herrn Pfaff **) Verſuche an Laubkäfern, Grashüpfern und Fluſskrebſen. Er begnügte ſich indeſs, innere Theile, die er für Muskeln hielt, zu armiren, ohne ſich mit Aufſuchung der Nerven zu beſchäftigen.

Je weniger in dieſem wichtigen Theile der vergleichenden Neurologie geleiſtet war, deſto eifriger bemühte ich mich ſeit drei Jahren, die ſenſible Fiber in den Inſecten zu verfolgen. Da der galvaniſche Reiz nach den ſorgfältigſten Erfahrungen, die ich ſelbſt geſammelt, nur auf den Nerven wirkt, ſo durfte ich um ſo gewiſſer ſeyn, mittels der Metalle und deutlicher Vergröſserungen Gefäſse und Nerven von einander zu unterſcheiden. Was Swammerdamm als ſenſible Faſer abbildet, und worauf der groſse Haller ***) ſich in der Phyſiologie des menſchlichen

*) Phalaena coſſus. Den Anatomen geht es mit dieſer Raupe wie den Hydraulikern mit der Kornmühle zu la Fère in der Picardie. So wie dieſe noch jetzt alle Mahlmühlen nach dieſer berechnen, ſo nehmen jene den Bau der Weidenraupe, ſeit Lyonnet's Zeiten, für den Typus, nach welchem die Natur alle Inſecten gemodelt hat. Wer Inſecten und Würmer ſelbſt zergliedert, fühlt, wie wenig ſich über den gemeinſamen innern Bau dieſer Thierclaſſen ſagen läſst.

**) a. a. O. S. 115. und Gren's Journ. B. 8. S. 396.

***) Nach einer Stelle in den Primis lineis Phyſiologiae, §. 402. ſcheint es gar, als habe Haller vielen Inſecten, wie den Polypen, alle Nerven abgeſprochen.

Körpers beruft (B. 4. S. 289.) sind grofsentheils noch sehr problematische Theile. Bei weifs- und gelbblütigen Thieren entscheidet die Farbe gar nicht, und wenn man bedenkt, dafs Lyonnet's unsterbliches Werk noch keine Ader einer Raupe darstellt, (deren künftige Entdeckung uns doch so manche Analogie thierischer Nutrition hoffen läfst,) so wird man unendlich mifstrauisch gegen die Behauptungen von dem physiologischen Nutzen jener Organe.

Mehrere Umstände lassen unmittelbar schliefsen, dafs der, von den Insectensammlern so grausam bewunderten Reizbarkeit *) eine eben so grofse Exsertion der Nervenkraft respondire. Ich berufe mich nur auf zwei bekannte Reizmittel, Alkohol und Elektricität, von denen es (durch Fontana) erwiesen ist, dafs sie recht eigentlich nur auf die sensible Fiber wirken. Die trefflichen Versuche dieses grofsen Florentiners über die Opiate lehren, dafs fast nichts eine so schleunige Atonie, als reiner Alkohol, hervorbringt. So richtig auch diese Thatsache an sich ist, so werde ich doch unten zeigen, dafs jene Atonie nur Folge der Ueberreizung ist, und dafs Alkohol (so wie Opium und Arsenikkalk) ursprünglich excitirend und sthenisch wirke. Je erregbarer indefs

*) Viele Cerambyxarten bleiben aufgespiefst vier Wochen lang am Leben. Die Gattung Ichnevmon, welche den Cadaver anderer Insekten zu ihrer Wohnung macht, giebt ihnen an Ausdauer der Irritabilität nichts nach. Herr Schrank sah den seltenen Ichneumon punctator (*Müller Zoolog. Dan. n.* 1831.) ohne Kopf, nach vier Tagen, sich unbändig mit dem Hinterleibe bewegen, wenn man ihn mechanisch reizte. Samml. Naturhist. Auffätze, 1796. S. 126.

die Nervenfaser ist, desto weniger kann jene sthenische Kraft beobachtet werden. Die kleinste Dosis der erregenden Potenz bringt schon Ueberreizung hervor, und das empfindliche Organ geht unaufhaltsam, in einem Moment, von der erhöhten Lebenskraft zur indirecten Schwäche über. Freilich können sich die Wirkungen des Alkohols auf die hartschaligen Insecten nicht so schnell äufsern, als auf die nakten Würmer, von denen er einige (gleich einem elektrischen Schlage) tödtet. Doch entsteht die Atonie, bei den Coleopteris, immer in 15 bis 20 Minuten. Ja! ich habe den Cerambyx cerdo und Cerambyx aedilis in einer Flasche, welche ein Paar Tropfen über Kümmel destillirten Weingeistes enthielt, innerhalb einer halben Stunde erstarren gesehen. Die Flügeldecken waren leise benetzt, und ich bin überzeugt, dafs die Atonie mehr den verflüchtigten, riechbaren Theilen, welche das Gefäfs enthielt, als der Flüssigkeit selbst zuzuschreiben war. Beide Insecten wurden so unbeweglich, dafs man sie kneifen, zerren, ja heftig elektrisiren konnte, ohne dafs sie auch nur eine schwache Zuckung zeigten. Ich hielt sie für völlig todt, als ich sie zu meinem Erstaunen, in die Sonne gelegt, nach 2 Stunden sich nach und nach wieder beleben sah. Der Alkohol schien nun verdunstet, und mit ihm die Atonie des Nervensystems gehoben zu seyn. Die Thiere kehrten, wie aus einem Schlafe, berauscht ins Leben zurück, und nach $2\frac{1}{2}$ Stunde sah ich beide unter der Glasglocke umherkriechen. Mit gemeinen Stubenfliegen glückte mir der Versuch

in derselben Flüssigkeit. Wenn man sie in einen Tropfen desselben dergestalt eingetaucht hat, dass der Kopf sammt den beiden Augenhemisphären frei in der Luft stehen, und nur Bauch und Füsse benetzt werden, so gerathen sie in 2 bis 3 Minuten in einen völligen Scheintod. An keinem Fusse ist eine Zukkung zu bemerken. Bei einigen Individuen, wo die Ueberreizung zu heftig war, verwandelte sich dieser Scheintod in einen wirklichen Tod, andere sieht man nach 12 bis 15 Minuten nach und nach erwachen. Wie man diess Erwachen durch Eintauchen in schwache oxygenirte Kochsalzsäure beschleunigen und vergewissern kann, wie die Rückkehr der Irritabilität an der hintern Extremität allemal zuerst erfolgt, das alles übergehe ich hier. Es ist genug, gezeigt zu haben, wie die mächtige Wirkung des Alkohols auf die Insecten das Daseyn und die Energie der sensiblen Fiber in denselben erweiset. Auch für ein anderes Nerven-Irritament, die Elektricität, zeigt sich diese Thierclasse ungemein empfindlich. Von schwachen elektrischen Schlägen sah ich die vierjährige gefräsige Larve des Maikäfers (Engerling) plötzlich sterben. Ja, der Einfluss der Luftelektricität auf die Flusskrebse unter dem Wasser, die Gefahr, in welche sie die Annäherung eines Donnerwetters setzt, ist dem gemeinen Volke längst bekannt!

Bei keinem Insecte ist es mir geglückt, die Nerven so genau zu verfolgen, als bei dem Cerambyx cerdo. Wir erstaunen über die Dicke der sensiblen Fiber im Frosche; die des Holzbocks aber ist noch

weit auffallender, wenn man den übrigen Körperbau beider Thiere vergleicht. Das von Sömmering *) entdeckte Gesetz über das Verhältnifs der Gehirn- und Nervenmasse findet daher auch in dem Baue der Insecten seine Bestätigung. Die gröfsern Nerven des Cerambyx cerdo, welche nach den hintern Extremitäten gehen, nicht also das Rückenmark selbst, welches eine blofse Verlängerung des Gehirns ist, übertrist die Breite des stärksten Pferdehaars. Optische Vergröfserungen zeigen ein streifiges Zellgewebe auf ihrer Oberfläche, nichts aber von dem spiralförmigen Ansehen, welches die Nerven der gröfsern Thiere charakterisirt. Dagegen sah ich eine schneeweisse Marksubstanz aus dem Durchschnitte hervorquellen. Sie schien wie aus einer Scheide ausgeprefst, war aber (wie die Analogie mit dem menschlichen Baue vermuthen läfst,) wohl nur aus mehrern anastomosirenden Nervenröhren zusammengeflossen. Die Farbe des Markes stach sehr deutlich gegen das graulichgelbe gallertartige Muskelfleisch ab. In diesen sind unter meinem Mikroskop noch keine Fasern

*) *De basi encephali*, *Gött*. 1778. *p*. 17. Ueber die körperliche Verschiedenheit des Negers vom Europ. S. 59. Je gröfser die intellectuellen Anlagen eines Geschöpfs, desto dünner sind seine Nerven in Vergleich mit der Masse seines Hirns. — Wenn man demnach die Medullarsubstanz des Hirns und der Nerven als ein Ganzes betrachtet, so ist das Quantum desselben unter den Thieren nach Verhältnifs des Körperbaues ziemlich gleich ausgetheilt. Der Unterschied liegt hauptsächlich darinn, dafs bei einigen von der Medullarsubstanz mehr zur Bildung des Seelenorgans, bei andern mehr zur Bildung der Sinnes- und Bewegungsnerven verwandt ist.

zu entdecken, doch vermuthe ich, dafs Behandlung mit Salpeterfäure (nach Reil's Vorfchrift) die fibröfe Textur mir künftig fo gut, als in der Kryftalllinfe darftellen wird. Die Zergliederung eines andern Infects, des Flufskrebfes, zeigt ja fchon ohne Salpeterfäure den Uebergang gallertartiger Muskeln in deutliche Faferbündel. Das Gehirn des Cerambyx ift allerdings mehr, als der einfache Nervenknoten, welchen viele Phyfiologen (um weitläuftigerer Unterfuchungen überhoben zu feyn,) den Infecten beilegen. Es ift ein ausgebildetes Organ, *) welches deutlich in zwei durch eine Furche getrennte Hälften getheilt ift. Horizontal durchfchnitten zeigt es unter der Lupe verfchiedene milchweiffe und graulichgelbe **) Lagen. Die Farbe der letztern ähnelt faft der Mittelfubftanz des grofsen Hirns beim Menfchen, nur ift fie mit mehr Grau gemifcht. Fortgefetzte Horizontalfchnitte laffen den grauen Theil verfchwinden und den weiffen, oder das Mark hervortreten. Diefer Umftand beweifet deutlich, dafs diefes Infectenhirn ebenfalls in Windungen und Furchen gemodelt ift, welche die graue Subftanz von aufsen

*) Haller behauptet, dafs man an keinem Thiere Augen ohne Gehirn und Gehirn ohne Augen wahrgenommen habe. Phyfiologie, B. 4. S. 2. Ich mufs dem grofsen Manne feit meiner Zergliederung der Naiden widerfprechen. Die Nais probofcidea zeigt keinen deutlichern Nervenknoten im Kopfe, als die Nais vermicularis, und diefe ift blind, während dafs jene zwei fchöne fchwarze Augen befitzt.

**) Swammerdamm beobachtete die graue Subftanz ebenfalls bei der Biene. *Biblia naturae*, S. 429. *Tab*. 20. *Fig*. 4 — 6.

überzieht, und welche im Innern mehr in ein Ganzes zusammenschmelzen.

Ueberaus merkwürdig ist noch, dass ausser den optischen Nerven, die Bewegungsnerven der zwei Vorderfüsse ebenfalls unmittelbar aus dem Hirne entspringen. Die Lage dieser Extremitäten scheint jenen Ursprung, von dem sich bei den grössern Thieren wohl nichts analoges findet, nothwendig gemacht zu haben. Von jeder Hirnhälfte laufen nemlich zu beiden Seiten 6 bis 7 anastomosirende starke Nervenfäden bis zu der Kugel herab, in welche das obere Gelenk des Vorderfusses eingelassen ist. Oefnet man dieselbe dergestalt, dass bloss die hornartige Schaale abgeschabt wird, so sieht man jene Nerven sich hier zu einer förmlichen Schlinge (Ansa) vereinigen, welche ihrer Form wegen leicht mit einem Nervenknoten (Ganglion) verwechselt werden kann. Unterhalb der Schlinge sind die sensiblen Fäden sparsamer. Im obern Gliede des Vorderfusses zähle ich kaum drei, welche von ungleicher Dicke unverästelt bis an das nächste Gelenk nebeneinander herablaufen. Mit der Lupe kann ich einzelne Fäden bis in die äussersten hakenförmigen Spitzen der Extremität verfolgen. Der Durchmesser und die Menge dieser Nervenfasern ist in Vergleich des wenigen gallertartigen Muskelfleisches, welches die enggepanzerten Glieder ausfüllt, sehr gross, — ein Umstand, welcher die Unabhängigkeit der einzelnen Organe vom Gehirn, und die ungeheure Anstrengung der Muskelkraft im Laufe der Insecten einigermassen erläutert. Auch auf den deutlichen fasrigen Ursprung

der Sinnes- und Bewegungsnerven aus dem Senſorium, und auf die Dicke, welche ſie bei ihrem Austritte zeigen, muſs ich aufmerkſam machen.

Die Nerven des Cerambyx cerdo, der Blatta orientalis, des Lucanus cervus und anderer hartſchaliger Inſecten, die ich zergliedert, haben auch das ähnliche mit denen der gröſsern Thiere, daſs ſie lange der Fäulniſs widerſtehen. Es iſt ein gutes Mittel ſie abgeſondert von der Pulpa des Muskelfleiſches darzuſtellen, wenn man die Extremitäten von der Hornſchaale entblöſst und ſie der Fäulniſs überläſst. Auch die Schnellkraft der ſenſiblen Fäden des Lucanus cervus habe ich ſehr beträchtlich gefunden. Deutet dieſelbe nicht unmittelbar auf eine eigenthümliche häutige Umkleidung hin? Wenn man bloſs den obern Theil eines Inſectenhirns mit Metallen *) armirt, ſo werden dadurch ſo wenig, als in warmblütigen Thieren, oder in Amphibien Zuckungen erregt. Warum? Weil jedes Organ nach ſeiner ſpecifiken Anlage nur ſeine eigenthümliche Energie äuſsern kann, und das Senſorium ſo wenig zu Bewegungen, als zum Verdauen beſtimmt iſt. Ob durch ſolche Reizung in dem Seelenorgane Vorſtellungen erregt, ob der Zuſammenhang derſelben unterbrochen wird, liegt auſser den Grenzen objectiver Wahrnehmung und bleibt ſo unausdenkbar als der Zuſammenhang zwiſchen

*) Ich ſetze voraus, daſs beide Metalle am Gehirne ſelbſt angelegt ſind. Berührt das eine eine Extremität, ſo kann allerdings bei hoher Erregbarkeit der Theile, das Hirn durch Zuleitung (nach Fig. 47.) auf einen Bewegungsnerven wirken!

Bewegung und Perception überhaupt. — Entblöſst man bei einem Inſecte durch einen Horizontalſchnitt die Bewegungsnerven bei ihrem Urſprunge aus dem Hirne, und armirt dieſe, ſo entſtehen, wenn die Metalle auch bloſs die Nervenfaſer (Fig. 8. *r*) treffen, lebhafte Contractionen in den Extremitäten. In dem Cerambyx habe ich dieſelbe wohl 20 Minuten lang fortgeſetzt, und durch künſtliche Stimmung des Nerven mit Alkalien und oxygenirter Kochſalzſäure wird ihre Dauer wohl dreifach verlängert. Der vortheilhafteſte Punct zur Armirung iſt indeſs nicht der Urſprung jener vordern Schenkelnerven aus dem Hirne, ſondern die erſte Schlinge, welche ſie in der Kugel bilden. Wenn man dieſe Kugel aus der Pfanne, in die ſie ſo feſt und doch ſo leicht beweglich eingelaſſen iſt, auslöſet, ſo kann man den Schenkel eines Inſects gerade wie einen Froſchſchenkel behandeln. Der Hauchverſuch iſt bei beiden gleich gut geglückt, die ſenſible Fiber ſcheint in der ganzen Natur einerlei Geſetzen zu folgen. Ich habe Inſectennerven mit Haaren zu unterbinden geſucht; nur dieſs allein iſt mir bis jetzt nicht gelungen, weil das Band die Fiber zerſchnitt und ihren Organismus zerſtörte. Sind aber jene gelblich *) weiſſen Fäden auch wirkliche Nervenbündel, nicht etwa Gefäſse, in welchen die Aneignung der Theile bewirkt wird? —

*) Die Nerven der Inſecten ſind gelblicher, als die der warmblütigen Thiere, der Amphibien und Würmer. Doch ſelbſt unter den Amphibien ſind Unterſchiede der Farbe. Der Cruralnerv der Lacerta agilis hat nicht die Weiſſe des Cruralnerven am Waſſerfroſche. Auch menſchliche Nerven fallen etwas ins Gelbe.

Ich präparirte ein Stück der fleischigen, gallertartigen Pulpa, in dem ich durch die Lupe keinen jener Fäden entdeckte, riemförmig aus einem Schenkel heraus. Er wurde mit Zink armirt und mittels Silber galvanisirt, es blieb alles in Ruhe. Kaum berührte aber einer der weissen Fäden den Zink, so waren alle Erscheinungen des Galvanismus hervorgerufen. Mehr Beweises bedarf es wohl nicht, das Daseyn jener Nerven zu bestätigen. Die Grösse der Bündel, zu denen die einzelnen Nervenfäden in den Insecten zusammengehäuft sind, muss uns, in Vergleich mit der Kleinheit ihrer Gefässe, nicht wundern, da wir bereits in den Amphibien dasselbe Verhältniss beobachten. Wenn wir vom Menschen zu den sogenannten unvollkommneren (d. h. nicht nach unserm Typus gebauten) Thieren herabsteigen, so sehen wir die Nerven der willkührlichen Bewegungsorgane an Grösse zunehmen, so wie die zur Circulation und Nutrition bestimmten Gefässe abnehmen. Diese, nicht jene, bleiben der Masse, zu der sie gehören, *) proportional, und kein Wunder daher, dass bei so vielen kleinen Insecten und Wassergewürmern sie sich bisher ganz der Untersuchung entzogen haben. Wir sehen in ihnen den allgemei-

*) Aus den verschiedenartigen Zwecken, zu denen ein Bewegungsnerv und ein Gefäss bestimmt ist, lässt sich schon erkennen, warum die Masse des Thiers nur die Grösse und Zahl der Gefässe modificiren kann. Von der Lebensart eines Thiers, von der Art seiner Nahrung, z. B. (nicht von seiner Masse) hängt das Maass seiner willkührlichen Bewegungen und die Aeusserungen seiner Nervenkraft ab.

nen (bei vielen Gattungen) pulſirenden Speiſeſack, nicht aber die engeren Kanäle, welche den Nahrungsſaft bereiten und verführen!

Unter den Hemipteris iſt die mit ſo groſser Schnelligkeit laufende Blatta orientalis zu Galvaniſchen Verſuchen beſonders geſchickt. Eben dieſe Schnelligkeit, das Reſultat einer ungeheuren Muskel- und Nervenkraft, machte, daſs dieſe Thierart faſt jeder Nachſtellung entgeht, und jetzt in Europa ausgebreiteter, als in ihrem Mutterlande, Aſien, iſt. In dem obern Gliede der Hinterſchenkel läuft ein vom Rückenmarke entſpringender, erſt gegabelter und nach einem Plexus wieder vereinigter, überaus ſtarker Nerv herab. Mit Gold und Zink armirt gab der ganze Fuſs die auffallendſten Erſcheinungen. Ein Contact der Metalle erregte 2 bis 3 conſecutive Erſchütterungen. Der Schenkel ſtieg in die Höhe und erhielt ſich zitternd einige Secunden lang in der Luft. Wie übereinſtimmend zeigt ſich hierin nicht der thieriſche Stoff, er mag in der Hornſchale des Inſects, oder in der zarten Oberhaut des Menſchen eingeſchloſſen ſeyn. „Dies Zittern iſt eine „Erſcheinung, die ſchlechterdings bei keinem an„dern *) (thieriſchen) Theile, auſser der lebendigen „Muskelfaſer bemerkt wird." Als ich das Rückenmarck der Blatta orientalis durch Silber und

*) Sömmering's Muskellehre, §. 34. Das Hedyſarum gyrans, von dem ich zwei Pflanzen noch heute im Sonnenlicht beobachtet, zeigt bei erhöhter Reizbarkeit eben dieſs Zittern, wie auch ſchon Herr Hufeland ſcharfſinnig bemerkt hat. Vergl. meine Aphorismen in der *Flora Fribergenſis, p.* 150. §. 6.

wohl ausgebrannte Kohle galvanisirte, sah ich das ganze Hintertheil sich hin und her bewegen, und sich mit den Füsen anstemmen.

Unter den Hymenopteris war mir die gemeine Honigbiene (Apis mellifica), wegen des Verhältnisses ihres Hirns zu den Nerven sehr auffallend. Ersteres ist für die Gröfse des Thiers sehr beträchtlich, fast zweilappig und deutlich aus grauer Substanz und weissem Marke zusammengesetzt. Wie schön zeigen sich die Ursprünge der optischen Nerven aus diesem Hirne, und wie klein sind dagegen die Bewegungen im fleischigen Schenkel dieses Thierchens! Wie schwer sind letztere zu finden! Vergleicht man die Vertheilung der Muskelsubstanz in den dicknervigen Käfern mit der in der grofshirnigen Biene: so wird man auf einen Augenblick geneigt, über die sinnliche objective Wahrnehmung hinauszugehen, *) und in jener Vertheilung unsern Glauben an die höhern intellectuellen Kräfte der Bienengattung gerechtfertigt zu sehen! Das Galvanische Reizmittel schien mir nur schwach auf ihre Bewegungsorgane zu wirken. Desto besser glückten meine Versuche mit den Schenkeln der grossen Vespa crabro. Selbst wenn der Kopf des

*) Die Urtheile über Verstand und Stupidität der Thiere entspringen gröfstentheils aus einem Misbrauch unserer eigenen Urtheilskraft. — Ungern lese ich in einer mit philosophischem Geiste geschriebenen Abhandlung gar die Worte: wozu Nerven in Thieren, die entweder gar keine, oder doch sehr unvollkommene Vorstellungen haben? Archiv für die Physiologie, B. 1. H. 3. S. 115.

Thiers schon 14 Stunden lang abgeschnitten war, sah ich auf dem Metallreize noch die Extremitäten zittern. Doch gestehe ich, daſs es mir bisher noch nicht gelungen ist, die Schenkelnerven der Hornisse einzeln darzustellen, obgleich der Umstand, daſs nur bei Armirung gewisser Theile der Pulpa Bewegungen erfolgten, mich auf ihre Lage hinwies.

Die hornartigen Schaalen der Coleoptera wirken beim Galvanismus eben so isolirend, als Glas und Siegellack. Um Versuche mit diesen Insectengattungen anzustellen, muſste ich daher entweder den Nerv mit zwei Metallen armiren, oder das gallertartige Muskelfleisch entblöſsen. Um so merkwürdiger ist die Sensibilität, welche manche Krebsarten in den Gelenken der Füſse und Scheeren zeigen. Ich hatte zu Venedig am Lido mehrere Krabben, (theils Cancer pagurus, theils Cancer maenas) gesammelt. Sie starben im süſsen Waſser, und waren schon so unreizbar, daſs kein mechanischer Stimulus ihnen eine Bewegung ablockte. Ich drückte zwei schmale Stangen Zink und Silber in die unverletzten Gelenke der rechten Scheere und des linken Hinterfuſses. Alles blieb in Ruhe. Kaum aber geriethen beide Metalle in Contact, so erfolgten lebhafte Zukkungen jener Theile. Das gepanzerte Thier muſs also in den Gelenken selbst sehr freiliegende Nerven haben. Eben diese Gelenke zeigen eine andere wunderbare Erscheinung, von der ich nichts analoges in der ganzen Thierschöpfung finde. Ist das erste Glied eines Krebsfuſses abgelöſst, und wird die Wunde mechanisch gereizt, so hat es das Insect

in feiner Willkühr, das zweite Glied fahren zu laſſen, oder mit anſcheinender Ruhe wegzuſchnellen. Welche Art der Muskelbewegung, welche Einrichtung iſt denkbar, um die Continuität organiſch verbundener Theile mit der Leichtigkeit zu trennen. Auch das Loslaſſen der Scheeren, beſonders beim ſüdamerikaniſchen Waldkrebſe (Cancer ruricola), *) gehört hieher.

Wenn ich dem Cancer pagurus Zink in das Maul ſteckte und den ſilbernen Conductor an die geſtengelten Augen anlegte, ſo konnte ich willkührlich bald das rechte, bald das linke Auge erſchüttern. Dieſe Verſuche müſſen ſehr vorſichtig angeſtellt werden, weil die Krebſe oft todt ſcheinen, und ſich auf bloſsen mechaniſchen Reiz plötzlich wieder zu bewegen, ja heftig zu vertheidigen anfangen. Der Cancer Bernhardus wurde in ſüſsem Waſſer getödtet. Ich zerſchlug die Schaale des Buccinum echinophorum, in welchem der nackte Schwanz verborgen liegt, und armirte denſelben mit 2 Metallen. Nicht nur das Hintertheil, ſondern auch die groſse rechte Scheere bewegte ſich durch eine ſonderbare Nervenſympathie.

Fiſche. — Wer den prachtvollen Nervenbau der Fiſche aus Monro's Beſchreibungen, oder beſſer, aus eignen Zergliederungen kennt, der wird dieſe Thierclaſſe ſchon a priori für ſehr geſchickt zu galvaniſchen Verſuchen finden. Ich erinnere mich, den Metallreiz auf die Muraena Anguilla,

*) Herbſt Verſuch über die Naturgeſchichte der Krabben, T. 2. S. 119. n. 37.

den sonderbar gebildeten Ammodytes Tobianus, die Perca Lucioperca, Perca cernua, den Cobitis fossilis, den Cyprinus Tinca und Cyprinus Carpio angewandt zu haben. Das Rückenmark und die Nervenäste, welche in die Flossen, oder Unterkiefer gehen, sind am leichtesten zu armiren. Ich muss gestehen, dass ich die Contractionen zwar von kürzerer Dauer, aber bei weitem heftiger und lebhafter, *) als bei den Amphibien finde. In Thieren, bei denen die Marksubstanz hauptsächlich nur auf Hirn- und Rückenmark concentrirt ist, ohne sich auf abstehende Extremitäten (eigene Getast- und Bewegungsorgane) zu verbreiten, in solchen Thieren sind die wenigen Muskelbewegungen, zu denen sie fähig sind, ungemein kraftvoll und stark. **) Ich habe Fische, denen der Kopf bereits vor einer halben Stunde abgelöst war, wenn sie galvanisirt wurden, mit dem Schwanze dergestalt schlagen sehen, dass der ganze Körper sechs Zoll hoch über dem Tisch in die Luft flog. Wenn ich ihre Reizempfänglichkeit durch alkalische Auflösungen oder durch

*) Schon D. Croone bemerkt, dass Fische fast unter allen Thieren die meiste Muskelkraft zeigen, weil sie sich in einem tausendmal dichteren Fluidum, als Luft, bewegen. In ihren Muskeln sind die Fasern nicht lang, aber zahllose Schichten derselben sind über einander gehäuft. *The Croonian Lect. on muscular motion, p.* 54.

**) Diese Beobachtung passt unter den Amphibien auch auf die Schlangengattung, mit der unter den Würmern die Naiden im Bau einigermassen übereinkommen. Selbst der trägscheinende Regenwurm zeigt, wenn man ihn schmerzhaft reizt, welcher Muskelanstrengung er fähig ist.

oxygenirte Kochſalzſäure erhöhte, ſo waren ſie (beſonders Aale und Schleie) oft kaum zu bändigen. Die leiſeſte Metallberührung lieſs ſie aufſpringen. Wenn man bedenkt, wie übereinſtimmend die Wirkung des elektriſchen und galvaniſchen Fluidums ſind, ſo wird man dieſen Vorzug der Fiſche vor den Amphibien weniger auffallend finden. Welche Thiergattung zeigt ſolche eigenthümliche (elektriſche?) Erſcheinungen, als der Zitteraal, der Zitterrochen und die vielen andern neuentdeckten elektriſchen Fiſche des ſüdlichen Oceans? Ein Blitz, der die Waſſerfläche eines groſsen Teiches trift, tödtet oft alle Fiſche weit umher!

Ich übergehe die gewöhnlichen *) Verſuche mit den Floſſen und dem Rückenmarke. Feine Experimente, welche ich mit dem Herzen der Fiſche und über die Sympathie ihrer Geſichtsnerven angeſtellt habe, werde ich im folgenden Abſchnitte erzählen. Herr Abilgaard hat zu Neapel die Nerven des elektriſchen Krampffiſches (Raja Torpedo) galvaniſirt, aber keine vorzüglich ſtarke Reizung dabei bemerkt.

*) Volta a. a. O. S. 126. Valli in Gren's Journal, B. 6. S. 390. Pfaff a. a. O. S. 115. — Iſt es Täuſchung, oder haben unſere gewöhnlichen Aale nicht auch ein Vermögen (elektriſche?) Schläge auszutheilen? Mir ſcheint wenigſtens die betäubende Empfindung, welche der lebendige Aal oft im Arme zurückläſst, ganz eigener Art. — Die Behauptung aber, daſs die convulſiviſchen Bewegungen des Aals durch angelegtes Eiſen aufhören, iſt ſehr irrig.

Neun-

Neunter Abschnitt.

Amphibien. — Winterschlaf erhöht ihre Reizempfänglichkeit. — Ursachen davon. — Die sensoriellen Kraftäufserungen schwächen die Energie der Muskelfaser und Absonderung der Gefäfse. — Ueber die Zersetzungen im Hirne, welche dem Denken gleichzeitig zu seyn scheinen. — Blutwärme der Frösche. — Physiologische Betrachtungen über Frösche, Eidexen, Kröten und Schildkröten. — Vögel. — Galvanisiren des Küchelchens im Ei. — Säugthiere. — Erscheinungen am Menschen. — Durch welche Nervenverbindung der Metallreiz das Gesichtsorgan afficirt. — Volta's Zungenversuch. — Umgekehrte Sympathie zwischen dem Naso ocularis und maxillaris superior. — Aller metallische Geschmack ist vielleicht Wirkung des Galvanismus. — Versuche in der Nasenhöhle, im Alveolus eines Zahns, in Handwunden unter Blasenpflastern. — Plötzliche Umänderung der lymphatisch-serösen Feuchtigkeit, — ihre ätzende Kraft. — Physiologische Folgerungen daraus. — Formel für die Gröfse der Reizung. — Anwendung auf das Gefühl. — Wirkungen nach oben, oder nach dem Ursprunge der Nerven im Hirne hin. — Blitze durch Verbindung der Mundhöhle mit dem After mittels zweier Metalle. — Wiederbelebung der Vögel aus dem Scheintode. — Herrn Grapengiesser's Versuche über Einflufs der Nervenreizung auf die peristaltische Bewegung des Darmkanals. — Folgerungen daraus. — Auch das Herz und andere unwillkührliche Muskeln werden vom Metallreize afficirt. — Betrachtungen über die Nerven des Herzens.

Amphibien. — An dieser Thierclasse ist das galvanische Experiment nicht nur zuerst entdeckt,

ſondern auch nachmals am häufigſten wiederholt worden. *) Die Fröſche zogen durch die Leichtigkeit, ſie in Menge zu ſammeln, durch ihren ſtarken Nervenbau, ihre faſt unzerſtörbare Reizbarkeit, ihr reinliches Muskelfleiſch und ihren faſt durchſichtigen Körper, zu ihrem Unglück, die Hauptaufmerkſamkeit der Phyſiologen auf ſich. Das Blutbad, welches Haller, Röſel, Spalanzani, und 30 Jahre früher der Abt Nollet, welcher ſie in Hoſen von Wachstaffent einzwängte, **) unter ihnen anrichteten, dies Blutbad war nur ein ſchwacher Vorbote von dem, was am Ende des achtzehenten Jahrhunderts in allen Theilen Europens, ja im nördlichen America, ſie erwartete. Faſt möchte dieſe Thierart, welcher man weiland in Thracien eine Staatsrevolution Schuld gab, nun ſelbſt zur Auswanderung gezwungen worden ſeyn! — Schade indeſs, daſs ſo zahlloſe Verſuche angeſtellt wurden und noch täglich angeſtellt werden, bei denen die Erweiterung unſers Wiſſens gar nichts gewinnt, und bei denen man ſich freut zucken und abermals zucken zu ſehen! Schade, daſs Menſchen, die auf feinere Bildung Anſpruch machen, oft dabei eine Grauſamkeit ausüben, die ſchlechterdings unnütz iſt, da das Galvaniſiren an lebendigen empfindenden Fröſchen (ich meine ſolche, deren Hirn- und Rückenmark unverletzt bleibt,) die unſicherſten Reſultate gewährt!

*) Pfaff a. a. O. S. 114.

**) Spalanzani Verſuche über Erzeugung der Thiere, T. 1. S. 13.

Ich habe ſchon oben bemerkt, daſs weibliche Fröſche reizbarer, als die männlichen ſind, und daſs der günſtigſte Zeitpunct an beiden zu experimentiren, der iſt, wenn man ſie aus dem Winterſchlafe erweckt und in der gelinden Stubenwärme belebt. Ueber dieſe letztere Erfahrung, die ich ſeit drei Wintern geſammelt, muſs ich einige Betrachtungen beifügen. Diejenige Claſſe von Phyſiologen, welche eigenes materielles Irritabilitätsprincip annimmt, behauptet, daſs ſo wie die ſenſorielle Kraft ſich im traumloſen Schlafe anhäuſt, ſo häufe ſich auch im thieriſchen Muskel, während der Wintererſtarrung, die Reizbarkeit an. Ich könnte ſchon hier erweiſen, daſs, wenn man ein Princip der Irritabilität annimmt, man einem Elemente zuſchreibt, was die gemeinſame Wirkung ſo vieler mannigfach gemiſchter und mannigfach geformter Stoffe iſt. *) Ich könnte erweiſen, daſs gerade diejenige Subſtanz, von deren Anhäuſung, laut jener Hypotheſe, die erhöhte Reizbarkeit herrühren ſoll, der Sauerſtoff, während des Winterſchlaſs der Pflanzen und Thiere, in unendlich geringerer Menge der belebten Maſchine zugeführt wird. Die Vegetabilien können der gefrornen Erde nur wenig Waſſer entziehen. Durch die in der Kälte geminderte Pulſation der Gefäſshäute

*) C'eſt vouloir établir des théories avant d'avoir raſſemblé les faits, c'eſt *conſtruire*, quand on n'a pas même encore *obſervé*; erreur excuſable, mais qui de tout tems a arrêté la marche de nos connoiſſances. *Condorcet, esquiſſe d'un tableau hiſt. des progrès de l'eſprit humain*, 1797. *p.* 61.

wird der Umlauf ihrer Säfte gehemmt. Die Organe, durch welche hauptsächlich das Waſſer aus dem Dunſtkreiſe eingeſaugt und zerſetzt wird, die Blätter, fehlen dann den meiſten gänzlich. Iſt nun, wie ſo viele Verſuche lehren, das kohlenſaure Waſſer die Quelle, aus welcher die Pflanzen den Sauerſtoff abſcheiden, wie kann, da jene Quelle und jenes Abſonderungsorgan faſt gänzlich mangeln, die Menge dieſes vermeinten Irritabilitätsſtoffes ſich während des Winterſchlafs in denſelben anhäufen? Noch deutlicher zeigt ſich dieſer Widerſpruch bei den Thieren. Wir wiſſen beſtimmt, wie bei dem Murmelthiere (Arctomys Marmota) vom September bis März die Reſpiration und alſo auch Pulſation des Herzens, Umtrieb des Bluts, Aufnahme des Sauerſtoffs in den Lungen und Abſetzung deſſelben in die Muskelfaſer, thieriſche Wärme, kurz der ganze chemiſche Lebensproceſs *) gemindert iſt. Wir wiſſen, daſs ſchon der periodiſche Schlaf, falls er ſanft und traumloſs iſt, die Functionen unſrer Athmungswerkzeuge ſchwächt, und daſs wir uns dennoch nach einem erquickenden Schlafe am reizempfänglichſten

*) Vergleiche Beddoes medicin. Schriften, 1794. B. I. S. 98. Wenn Herr Beddoes aber an eben der Stelle lieber dem Ariſtoteles als dem Ray folgt, von denen jener die Thiere im Winterſchlaf für fett, dieſer für mager hält, ſo geſchieht dieſs wohl nur aus Liebe für ſeine Hypotheſe vom Fettwerden. Die Marmotte ſchläft fett ein, nachdem ſie ſich Magen und Eingeweide mit Waſſer ausgeſpült hat, und erwacht mager und abgezehrt. So haben es mich alle Gemsjäger am Mont-Blanc und St. Bernhard verſichert; ſo erzählt es Herr von Sauſſure in der *Voyage dans les Alpes*, *Tome 3. p.* 212.

fühlen. Wie läſst ſich dies aus einer Anhäufung des Oxygens erklären? Man wendet mir vielleicht ein, daſs jeder Schlaf eine Abweſenheit von Muskelbewegung vorausſetze, und daſs durch dieſe ſelbſt der Sauerſtoff verbraucht und dem Körper entzogen werde, daſs demnach eine ſchwächere Luftzerſetzung in der Lunge, bei vollkommener Ruhe der Muskeln, doch Anhäufung des Oxygens hervorbringen könne. Das Factum an ſich iſt zwar ſehr richtig, und ich hoffe unten zu zeigen, daſs fibröſe Bewegung nur das Reſultat einer vorhergegangenen chemiſchen Miſchungsveränderung iſt; aber als Stütze der obigen Behauptung vom Winterſchlafe kann ich die Inſtanz nicht gelten laſſen. Auf den Lebensproceſs der Vegetabilien, die z. B. im kalten Norden (im Frühlinge) eine ſo ungeheure Irritabilität *) zeigen, iſt ſie gar nicht anwendbar. Hier findet willkührliche Bewegung nicht ſtatt, die Idee der Ruhe verſchwindet, und welche Zahl kann die Differenz der Sauerſtoffmenge ausdrücken, welche die blattloſe beeiſte, oder die ſchön belaubte von der Sommerſonne beleuchtete Buche dem eingeſogenen Waſſer entlocket? Bei Thieren conſumirt allerdings die Muskelbewegung im Wachen mehr Oxygen, als das minus **) beträgt, wel-

*) Linné hat zuerſt auf dieſen Umſtand, beſonders auf den ſchnellen Wachsthum der mehlreichen Grasarten (Getreide) im nördlichen Europa aufmerkſam gemacht.

**) Nur Herr Darwin allein nimmt im Schlafe, auſſer der vermehrten Secretion, auch vermehrten Blutumlauf an. Zoonomie, B. I. S. 401. Die letztere Thatſache möchte ſchwer zu erweiſen ſeyn, und vermehrte thieri-

ches im Schlafe dem arteriellen Syſteme abgeht. Aber man vergleiche den Zuſtand eines Menſchen, der ſich 14 Stunden lang wachend faſt aller willkühr-lichen Bewegung enthält, und den Zuſtand eines aus dem Schlafe erwachenden! Bei dem erſteren wird die Reſpiration gewiſs nicht gemindert, eine gleiche Menge Sauerſtoff ſtrömt durch die Lunge in den ruhenden Körper — und dennoch, wie tief ſteht ſeine Erregbarkeit, wie tief das Gefühl ſeiner Muskelkraft unter dem des Erwachenden?

Mangel von Bewegung mindert recht eigentlich den Grad der Irritabilität. Ich habe ein auffallendes Beiſpiel davon an Fröſchen vor mir, die ich nun ſchon 6 bis 7 Monate lang in einem engen Behälter aufbewahre. Sie ſind wohlgenährt, nicht übermäſsig groſs, hüpfen, (wenn man ſie in Freiheit läſst,) munter umher, und dennoch ſind ihre Nerven mit den wirkſamſten Metallen kaum zwei Stunden lang zu galvaniſiren. Ihre ausgeſchnittene Herzen pulſiren nur wenige Minuten, und die heftigſten Nervenreize, die ich entdeckt, (alkaliſche Solutionen, oxygenirte Kochſalzſäure, Arſenikkalk,) laſſen den Crural- und Iſchiadiſchen Nerven faſt unbewegt. Auffallend genug, daſs dieſelben Thiere, welche (als ſie im Winterſchlaf ausgegraben wurden) mit homogenen Metallen, ſelbſt ohne alle Kette (Fig. 9.) lebhafte Con-

ſche Wärme iſt ſelbſt bei gemindertem Blutumlauf erklärbar. Dieſe Wärme entſpringt ja gar nicht allein aus der Maſſe der, in den Lungen zerſetzten Luft, ſondern eben ſo ſehr aus dem Ernährungsproceſſe, welcher Wärmeſtoff entbindet, indem er feſte Stoffe aus tropfbaren Flüſſigkeiten abſcheidet.

tractionen erlitten, jetzt wohlgenährt, aber bei mangelnder Muskelbewegung kaum dem Zinke und Golde gehorchen!

Aus diesen Betrachtungen folgt demnach, dafs die Annahme eines Irritabilitätsstoffs im Oxygen keineswegs die, durch Ruhe und Winterschlaf erhöhte Reizempfänglichkeit der Fiber erklärt. Ich hielt eine sorgfältigere Zergliederung dieser Begriffe um so nothwendiger, als es für die Wissenschaften nachtheilig ist, wenn man Probleme für erklärt hält, zu deren Auflösung wir noch um keinen Schritt näher gerückt sind. Nach meinen Vermuthungen gründet sich jene erhöhte Reizempfänglichkeit auf Abwesenheit von Reizen und allgemeine Schwächung der sensoriellen Kraftäusserungen. Die Stärke mit der ein Stimulus wirkt, nimmt eben so zu, als die Länge der Zeit, seit welcher das irritable Organ zum letzten Male von demselben gereizt wurde. Das Sonnenlicht bewegt die Blätter des Hedysarum gyrans stärker, wenn die Pflanze 2 bis 3 Stundenlang im Finstern stand. Wer täglich Opium nimmt, wird von 8 Gran weniger afficirt werden, als ein anderer, der nie daran gewöhnt war, von $\frac{1}{5}$ Gran. Das ist eine sehr alte *) und gemeine Erfahrung. Wie lebhaft müssen demnach nicht alle Organe erregt werden, wenn sie während des temporellen Schlafs Stunden lang, während des Winterschlafs

*) Beddoes und Watt Betrachtungen über den medizinischen Gebrauch künstlicher Luftarten, 1796. S. 47.

Monate lang *) von allen äuſsern und ſo vielen innern Reizen entfernt waren, und beim Erwachen die ganze äuſsere und innere Sinnenwelt plötzlich auf ſie einwirkt?

Eine noch wichtigere Rolle hiebei ſpielt die Schwächung und temporelle Aufhebung der ſenſoriellen Kraftäuſserung. Die Functionen des Seelenorgans und der ſenſiblen Fibern ſtehen gewiſſermaſsen im Kampfe mit den Verrichtungen der Geſäſse. Anſtrengung beim Denken hindert die Verdauung und Aſſimilation: Hydrocephali, Cretins, vom Schlage gerührte Menſchen, tolle und ſtupide Perſonen haben oft einen auffallend ſtarken Appetit, und die Nutritionsgeſchäfte gehen trefflich bei ihnen von ſtatten. D. Hunter hat dieſe Thatſache, nach welcher „*the exerciſe of ſenſation is inimical* „*to life*" zuerſt in das gehörige Licht geſetzt, und

*) Das Beiſpiel des längſten Schlafs oder der am längſten gehemmten Lebenskraft giebt das Räderthier (Vorticella rotatoria), welches Fontana, nachdem es $2\frac{1}{2}$ Jahr getrocknet und unbeweglich lag, durch einen Waſſertropfen in zwei Stunden wieder belebte. Vom Viperngift, B. I. S. 62. Ueber die innere Kälte der Thiere während des Winterſchlafs, ſ. noch Jenner's und Heighton's Verſuche in *Medical extracts, Vol. I. p.* 95. — Von Entziehung der Reize bei Pflanzen, ſ. Herrn von Uslar's Fragm. der Pflanzenkunde, S. 141. — Bei meinem vorigjährigen Aufenthalte im Departement des Mont-Blanc hat mir Herr Coutran zu Chamouny, der ſich mit dem D. Paccard mit Galvaniſchen Verſuchen beſchäftigt, verſprochen, ſie an Marmotten, die er während der Erſtarrung tödten will, anzuſtellen, und die Reſultate ſeiner Beobachtungen meinen Genfer Freunden, Pictet und Jurine, mitzutheilen.

Croone's Rede *) über die Muskelkraft enthält die ſcharfſinnigſten Vermuthungen darüber. Woher es komme, daſs anhaltende Uebung der ſenſoriellen Kraft die Thätigkeit der Gefäſse und ihr Abſonderungsvermögen ſchwächt, dieſe Frage gehört freilich zu den vielen, über die wir unſere bisherige Unwiſſenheit bekennen müſſen. Ich bin weit davon entfernt, zu glauben, daſs durch das Denken ſelbſt, grobe, oder feine Stoffe conſumirt werden. Einmal liegt dieſe Unterſuchung ganz auſserhalb der Gränzen unſerer Wahrnehmungen, und dann führt auch die Vorſtellungsart, welche ſie veranlaſst, zu der gröbſten und albernſten Art des Materialismus. Wenn aber auch das Denken ſelbſt weder ein chemiſcher Proceſs, noch Folge mechaniſcher Erſchütterung iſt, ſo ſcheint es doch keineswegs unphiloſophiſch, fibröſe Bewegung, oder chemiſche Zerſetzungen im Seelenorgane **) gleichzeitig mit dem Denken anzunehmen. Viele Erfahrungen, deren Herzählung nicht in dieſen Abſchnitt gehört, machen jene Annahme vielmehr ſehr wahrſcheinlich. Wie nun, wenn bei Uebung der ſenſoriellen Kraft Stoffe in dem Hirne conſumirt, oder gebunden würden, von denen die thieriſche Maſchine nur eine beſtimmte Menge enthält, und welche zu dem groſsen chemiſchen Proceſſe, von dem Muskelkraft und Pulſation der Gefäſshäute abhangen, mitwirken? Wie wenn dieſe Stoffe während des Schlafes, wo die ſenſorielle Kraft-

*) *l. c. p.* 28.

**) Vergl. Kant's Ideen darüber in Sömmering über das Organ der Seele, 1796. S. 85.

äufserung überhaupt (so wie äufsere Wahrnehmung insbesondere) geschwächt ist, den Muskeln und Gefäfsen in gröfserer Fülle zuströmten? *) Weit davon entfernt irgend einen Irritabilitätsstoff anzunehmen, so zeigen doch mannichfaltige Erfahrungen und besonders meine eigenen Versuche über die beschleunigte Keimkraft der Pflanzen, welche wichtige Rolle das Oxygen bei allen vitalen Functionen spielt. Erinnert man sich nun, dafs eben diefs Oxygen in dem arteriellen Blute angehäuft ist, erinnert man sich, welche ungeheure Masse von diesem oxidirten Blute (über $\frac{1}{6}$tel des Ganzen) ins Hirn steigt und entsäuert daraus zurückkehrt, erinnert man sich, dafs angestrengteres Nachdenken eben so mehr Blut nach dem Hirn leitet, als Muskelanstrengung die Muskelgefäfse füllt — so geräth man gleichsam von selbst auf die Vermuthung, dafs während der sensoriellen Kraftäufserungen Sauerstoff absorbirt wird, und dafs diese Absorption im Schlafe geringer, als im Wachen ist. Welche Wirksamkeit mögen aber nicht die anderen, neben dem Oxygen im Blute enthaltenen Stoffe haben? Was mögen nicht die Nerven selbst (als Leiter?) dem Seelenorgan zuführen, was bei Schwächung der Denkkraft in andern Theilen des Körpers angehäuft bleibt? Wird das arterielle Blut durch sensorielle Kraftäufserungen, eben so wie durch Muskelbewegung und Ernährung zersetzt, wo bleibt die grofse Masse von Wärme-

*) Wunden heilen schneller während des Schlafs, als im Wachen, wenn der Genesende sich auch noch so ruhig verhält.

ſtoff, welche dabei entbunden werden muſs? Wird derſelbe zum elektriſchen, oder einem ihm verwandten Fluidum gebunden? — Ein kommendes Jahrhundert bringt uns vielleicht der Beantwortung dieſer groſsen Frage näher. Wir begnügen uns, hier im voraus den Geſichtspunct anzugeben, aus welchem ſo feine Gegenſtände zu betrachten ſind! — —

Aber nicht bloſs weibliche Individuen, und ſolche, die aus dem Winterſchlaf erwecket ſind, auch jüngere Fröſche zeichnen ſich durch eine groſse Reizbarkeit des Muskelſyſtems aus. Wenn man bedenkt, wie ſchnell ihre Reizbarkeit durch den galvaniſchen Verſuch erſchöpft iſt, und wie die innere thieriſche Wärme, von den Fiſchen bis zu den Vögeln hinauf gerechnet, in eben dem Maaſse zunimmt, als die Dauer der Reizempfänglichkeit (nach Trennung des Hirns *) vom übrigen Körper) abnimmt: ſo wird man zu dem Schluſſe verleitet, in dieſen jungen Thieren eine höhere Temperatur und deſshalb eine beſchleunigte Zerſetzung der thieriſchen Elemente, einen gleichſam raſcheren Lebensproceſs zu vermuthen. Thermometerverſuche mit einem Froſche, den man ſelbſt groſs zöge, würden hierüber entſcheiden. Wenigſtens habe ich bereits gefunden, daſs vier erwachſene Fröſche unter einer Glocke (trotz ihrer Kälte erre-

*) Ich bediene mich ungern des Ausdrucks: Dauer der Reizbarkeit nach dem Tode, weil, wie Herr Reil bemerkt, dieſe Worte den Widerſpruch involviren, daſs die Reizbarkeit ſich ſelbſt überlebe.

genden wässerigen Ausdünstung) durch ihre Luft-Exspiration den Reaumurschen Wärmemesser um 3 Grade steigen machen.

Die kleinsten Kaulquappen *) (gyrini) zeigen, da sie sich ausschliessslich in einem so dichten Elemente, als Wasser, bewegen, eine ungeheure Muskelkraft im Schwanze. Man kann denselben, ohne den Nerv zu entblössen, heftig galvanisiren, und es ist auffallend, wie gegen die Zeit, dass die Vorderfüsse sich mehr entwickeln und jenes hintere Bewegungsorgan unnöthiger wird, auch die Lebhaftigkeit der durch den Metallreiz erregten Contractionen abnimmt. Trennung des Schwanzes ist für die junge Larve **) tödtlich, so wie das Thier sich aber entwickelt und diese Portion des Rückenmarks sich vom Hirne weiter entfernt, werden die Verletzungen an

*) Unter den Amphibien und Fischen sind Missgeburten unendlich selten. Bei den letztern schiebt man die Ursach auf den Mangel abstehender Gliedmassen (artus). Aber der Frosch giebt mit seinen 18 Fingern doch Gelegenheit genug zu Abweichungen vom gewöhnlichen Körperbau. Und wie viele tausend Frösche sind nicht von Menschen secirt worden? Hat man wohl Missgeburten darunter entdeckt? Die Amphibien scheinen, wie die Schmetterlingsblumen unter den Pflanzen, unaufhörlich an das Gesetz gleichmässiger Bildung gebunden. Vergleiche meinen Aufsatz über Prolification im Botan. Magazin, 1792. B. 3. S. 5. — Einen monströsen Fisch, einen Pleuronectes ohne Schwanz beschreibt Herr Martinet in *Verhandlungen over de naturlyke Historie*, 1795. *p.* 382.

**) Was kann Herrn La Cepede berechtigen den Gyrinus für ein bewegliches Ei zu halten. S. Berlinghieri und Brogniart in den *Annales de Chimie*, *T.* 12. *p.* 93. Vergl. Crell's Annalen, 1795. B. 2. S. 256. in der Note.

der Extremität immer unſchädlicher. Sonderbar genug, daſs ein Theil, welcher einen ſo wichtigen, groſſen, aus dem Rückenmarke unmittelbar verlängerten Nerven beſitzt, ſich endlich von ſelbſt ablöſt!

Der ſtete Aufenthalt der jungen Froſchlarven im Waſſer macht, daſs ſie den durchſichtigen Theil der membrana nictitans (welche ſelbſt bei Vögeln mehr oder weniger entwickelt iſt) unaufhörlich geſchloſſen halten. Erſt wenn ſie den Kopf in die freie Luft aufzurichten wagen, ziehen ſie ſie nach unten nieder und ſehen nun durch zwei Media zugleich. Dieſe Membran hat wahrſcheinlich wie bei den Vögeln einen eigenen Muskel; denn wenn man den Gaumen des abgeſchnittenen Froſchkopfes mit Zink armirt und ihn mittels Silber mit dem Auge verbindet, ſo zieht ſich bisweilen die membrana nictitans convulſiviſch zurück. Zorn und Röſel *) beſchreiben dieſelbe einfach. Sie iſt es auch wirklich, wirkt aber durch einen eignen Mechanismus, wie eine doppelte Membran. Der obere goldfarbig-gefranzte Rand iſt nemlich ſehr fein durchſichtig und glatt. Der untere Theil iſt muskulös, faltig und dick. Es hängt nun von der Willkühr des Thiers ab, ob es jenen obern Rand allein ausſpannen, oder den untern Theil ſo herausziehen will, daſs jener Rand in ihm eingehüllt bleibt und das Ganze eine undurchſichtige Decke bildet.

Zu den Sonderbarkeiten der Froſchgattung gehört noch ihre Eigenſchaft, bei elektriſchen Schlägen,

*) *Theolog. natur. T. I. p.* 202. *Hiſtoria ranar. p.* 19. (Vergl. Bechſtein's Naturgeſchichte Deutſchlands, B. 2. S. 13.)

unter gewiſſen Verhältniſſen, die Hautfarbe (aus der braungrünen in die blaue, meergrüne und gelbe) zu verwandeln. Herr Yelin *) hat erſt neulich darauf aufmerkſam gemacht. Laubfröſche ſcheinen ſogar bei Gemüthsbewegungen ſolche Farbenveränderungen zu erleiden — eine Erſcheinung, die mit ihrem Verbleichen durch Entziehung des Lichtreizes **) nicht zu verwechſeln iſt.

So wie die Fröſche unter den Amphibien, und, nach meiner obigen Zergliederung, ſelbſt die Coleoptera unter den Inſecten, durch ihre (in Verhältniſs der Hirnmaſse) ſtarke Nerven, die niedrige Stuffe intellectueller Anlagen, auf der ſie ſtehen, anzudeuten ſcheinen; ſo bezeichnet die grüne Eidexe ***) (Lacerta agilis) durch ihre feinern Nerven und gröſseres Hirn eine höhere Stuffe jener Anlagen. Froſchnerven ſind faſt viermal dicker, als die gleichnahmigen Nerven der Eidexe. Daher ſind die Muskularcontractionen der letztern zwar anfangs ungemein lebhaft, aber da weniger Medullarſubſtanz in den Gliedmaſsen vertheilt und der Conſens derſelben mit dem Hirne ſo groſs iſt, ſo erſchöpft der Metallreiz auch bald die letzten Reſte der Irritabilität. Dieſe ſchnelle Erſchöpfung iſt in dem wärmern Europa, wo die Eidexe von ſo ungeheurer Lebhaftigkeit iſt, und die höchſten Mauern erklimmt, am auffallendſten. Thiere, die in Deutſchland 2 bis 3 Stunden lang deutliche Zuckungen erleiden, fand ich

*) Lehrbuch der Naturlehre, B. I. S. 28.

**) Herr v. Uslar a. a. O. S. 36.

***) Pfaff a. a. O. S. 114.

auch bei den wirksamsten Metallen in Italien, oft nach 20 bis 25 Minuten, schon unbeweglich. — Wenige Geschöpfe werden so heftig von der oxygenirten Kochsalzsäure afficirt, als die grüne Eidexe. Es erklärt sich hieraus die schreckliche Hydrophobie dieser Amphibie. Ein Tropfen Wasser auf den Leib getröpfelt, feuchter Sand, oder gar eine Lage, in der der ganze Schwanz mit Wasser benetzt ist, scheint dem Thierchen convulsivische Schmerzen zu erregen. Ist es Zersetzung des Wassers durch die Fiber und Reiz des Sauerstoffs, welcher jene Wirkung hervorbringt?

Die Kröte hat fast eben so starke Nerven als der Frosch, aber das spiralförmige gebänderte Ansehen ist weniger deutlich daran, als bei dem letztern. Die Bewegungen, welche der Galvanismus in den abgelöseten Gliedmasen der Kröten erregt, sind eben so schwach und träge, als die, welche die Willenskraft während des Lebens hervorbringt. Ich habe übrigens mehrmals die Rana portentosa, Rana bombina und Rana Bufo zergliedert, viel mit ihnen experimentirt, und (wenn ich nicht die Urinblase verletzte) nie irgend einen Hauptschmerz davon getragen. Was Herr de la Cepede *) von der Schädlichkeit der Kröten, und gar von ihrem giftigen Athem sagt, ist sehr übertrieben. Ich habe eine grosse Unke eine Stunde lang unter einer kleinen Glocke mit atmosphärischer Luft eingesperrt gehalten, und

*) *Histoire naturelle des quadrupèdes ovipaires et des serpens, p.* 179. Vergl. damit Forster's kleine Schriften, Th. 5. S. 299.

nichts als kohlensaures Gas, Stickluft und mindern Antheil von Sauerstoffgas gefunden. Was darf man dem Grafen de la Cepede nicht aber zutrauen, ihm, der aus Hass gegen die Kröte, „die schlanke Taille des Frosches, seine schönen Gliedmassen, sein liebliches Farbengemisch, seinen Schleim, der alle Reize erhöht, und seine reinen Liebestriebe" *) mit Enthusiasmus erhebt?

Flussschildkröten zeigen eine Ausdauer der Irritabilität, welche mit der der Frösche zu vergleichen ist. Herr Philipp Michaelis, (ein Mann, dessen anatomischer Scharfblick gewiss allgemein erkannt zu werden verdient) fand bei einer Schildkröte, die zerschnitten und ohne Herz wohl 18 Stunden lang der freien Winterkälte zu Pavia ausgesetzt gewesen war, noch lebhafte Muskularcontractionen. Herr Hermbstädt hat die wichtige Beobachtung **) gemacht, dass die Testudo europaea noch vom Metallreize afficirt wird, wenn auch ihr Muskelfleisch bereits in Fäulniss übergegangen ist.

Vögel — zeigen, wie schon oben erwähnt, die vollkommenste ausgebreitetste, bis ins Innere der Knochen dringende Respiration, die grösste Luftzersetzung, die grösste thierische Wärme und die kürzeste Dauer gal-

vani-

*) Der Graf vergass, dass diese reinen Triebe bisweilen auch gegen Cadaver (wie weiland bei den egyptischen Einbalsamirern) gerichtet sind.

**) Creve vom Metallreiz einem Prüfungsmittel des wahren Todes, 1796. S. 83.

vanischer Erscheinungen. Alle diese Verhältnisse stehen in causalem Zusammenhange mit einander. Ich habe vielfache Versuche an Hühnern, Gänsen, Raben, Dohmpfaffen, Canarienvögeln und Hänflingen angestellt. Wenn man bei den muntern kleinen Vögeln, deren Lebensflamme gleichsam mit dem letzten Herzschlag zu verlöschen scheint, nicht schnell zur Präparirung der Nerven schreitet, so ist die Anwendung des Metallreizes vergeblich. *) Bei einem Hühnchen von 13 oder 14 Tagen, welches durch einen Zufall im Ei entblöfst war, habe ich durch Zink und Gold Bewegungen der Flügel hervorgebracht. Ueber die Sympathie der Ciliarnerven mit denen des Unterkiefers, oder über die merkwürdige Bewegung des Schnabels bei Armirung der Zunge und des Auges, so wie über die belebende Leitung des galvanischen Fluidums vom Schlunde zum After werde ich unten meine Versuche mittheilen.

Säugthiere. — Fast an allen gröfseren hierländischen Säugthieren sind die Erscheinungen des Metallreizes geprüft. Ich habe ihn selbst mit meinem älteren in der Anatomie weit erfahrenern Bruder, auf Hunde, Kälber, Kaninchen, Meerschweine (cavia Porcellus) Füchse, Schafe, Ziegen, Ratten, Mäuse und Fledermäuse angewandt, nicht etwa um die Zahl so einförmiger Versuche zu vervielfältigen, sondern bei Gelegenheit von Winter-

*) So ist es oft auch bei Mäusen (Pfaff a. a. O. S. 113.) und überhaupt fast bei allen sich sehr lebhaft bewegenden Thieren.

fectionen, die zu andern Zwecken angeftellt wurden. Am wichtigften bleiben indefs dem Phyfiologen die Erfahrungen, die man am Menfchen felbft gefammelt, und welche ein neues Licht über die Verrichtungen mancher Organe verbreitet haben. So viel ich weifs, bin ich der erfte gewefen, der es verfucht hat, Muskelbewegungen durch Entblöfsung der Nerven an fich felbft hervorzubringen. Die Folge diefes Abfchnitts wird lehren, dafs ich durch den Gewinn an neuen Erfahrungen reichlich für die felbft erregten Schmerzen belohnt worden bin. —

Alle Nervenwirkungen find gleichfam als das Refultat einer zwiefachen Kraft, der Bewegungskraft, (welche Sömmering *) Spannkraft nennt) und der Empfindungskraft, der vis motoria und fenfitiva zu betrachten. Diefe Eintheilung ift fehr alt **) und überaus natürlich. Wenn es auch je erwiefen werden follte, dafs der Empfindung eine fibröfe Bewegung im Hirne refpondire, fo ift die Fähigkeit, diefe hervorzubringen, von dem Vermögen die Muskelfafern zu verkürzen, doch wefentlich verfchieden. Haben die Nerven nicht aber auch eine chemifche Wirkung ***) auf die Gefäfse

*) Hirnlehre, §. 187.

**) Schon Gaubius fagt: „Duas itaque in folido nervo concipere facultates licet; alteram quafi *fentiendi*, qua ftimuli actionem fuo quodam modo percipit, alteram *movendi*, qua fefe contrahendo vim vi opponit ac repellit, veluti, quod quietis fuae ftatum turbat." *Inftitut. Patholog.* 59. *p.* 73.

***) *Reil et Gautier de Irritabilitate*, 1793. *p.* 4.

der Abfonderung? Die Beantwortung diefer Frage hängt von der des grofsen Problems ab, ob nicht alle chemifche Veränderungen auf Bewegungen reducirt werden können, ein Problem, deffen Auflöfung der ehrwürdige Genfer Weltweife Sage fich in feiner Chymie mécanique und im Lucrece Neutonien am meiften genähert hat. *) Wie vollends, wenn Spannung der Muskeln auch nur Folge chemifcher Mifchungsverhältniffe ift, und wenn in diefem Sinne Bewegung eben fo auf Affinität, wie diefe auf Bewegung zurückzuführen ift?

Wir folgen in der Lehre vom Metallreize den zwiefachen Wirkungen der Empfindungs- und Spannkraft. Die Verfuche über die Empfindung müffen mit grofser Vorficht angeftellt werden, da die Phantafie und die erwartungsvolle Stimmung, mit welcher man zum Experimentiren fchreitet, fo leicht zu Täufchungen führt. Da diefelbe ohnedies auf etwas blofs fubjectivem beruhen, fo wird jeder unpartheiifche Beobachter am liebften an fich felbft Erfahrungen fammlen. Doch find Verfuche über die Sinne auch felbft an Thieren ausführbar, die

*) Ich fage ausdrücklich am meiften genähert; denn an fich ift das Problem wahrfcheinlich unauflöslich. S. Kant's metaphyf. Anfangsgründe der Naturwiffenfchaft, 1787. S. 10 und 101. Möchte es doch in Deutfchland mehr Sitte feyn, den Scharffinn junger Phyfiker durch Lefung der Sagefchen Schriften zu fchärfen, nicht um die Corpuscularphilofophie gefliffentlich zu verbreiten, fondern um ein Gebäude kennen zu lernen, welches in der Harmonie aller Theile von dem tiefen Genie feines Urhebers zeugt und zu den wichtigften Erfcheinungen diefes Jahrhunderts gehört.

durch das Spiel ihrer Gesichtsmuskeln deutliche Zeichen ihrer Empfindungen geben. So scheinen die Hunde überaus empfindlich für die Wirkungen des Metallreizes auf die Zungenwärzchen zu seyn, obgleich diese Wärzchen sich nicht durch ihre Länge, wie bei den Grasfressenden Thieren, auszeichnen. Ein sehr gutmüthiger, träger und grosser Hühnerhund liess sich mit unglaublicher Geduld Zink an den Gaumen legen. Bei dem Berühren mit der andern Zinkstange blieb er sehr ruhig. Kaum aber traf das Silber seine Zunge, so gab er die drolligsten Kennzeichen des Widerwillens durch convulsivisches Verzerren der Oberlippe und anhaltendes Lecken. Ja, das blosse Vorzeigen einer Zinkstange rief ihm lange nachher jene Geschmacksidee wieder hervor, indem sie ihn bis zum Zorn reizte.

Ich übergehe alles das, was in den verschiedenen Abhandlungen über den Galvanismus von dem Hunterschen Augenversuche und dem Voltaschen Zungenversuche gesagt ist, und begnüge mich auf einige neue Beobachtungen aufmerksam zu machen, welche von meinen Vorgängern zum Theil übersehen, zum Theil nur flüchtig angedeutet sind.

Die Blitzähnliche Erscheinung vor den Augen wird auf vierfache Art erregt, indem man entweder beide Augen, oder die Nasenhöhle und ein Auge, oder Zunge und Auge, oder Zunge und spongiöse Substanz der Oberzähne armirt. *) Der letz-

*) Vergl. Pfaff a. a. O. S. 143. 305. 322. und die dort citirten Schriftsteller. Gren's Journal, B. 7. S. 326.

tere Versuch ist unstreitig der wichtigere darunter, da das Auge gar nicht dabei berührt wird, und zwei in die Mundhöhle genommene Metalle eine Lichterscheinung hervorbringen. Die erste Entdeckung und frühere Bekanntmachung desselben gehört Herrn George Hunter. Ein Zufall hatte mich ebenfalls darauf geleitet, ehe noch Fowler's Schrift in Deutschland bekannt wurde.

Durch welche Nerven wird aber diese wundersame Sympathie begründet? Wo ist eine wirkliche Anastomose mit dem Gesichtsnerven selbst? Ich glaube, dass man hier keineswegs auf Rückwirkung des Hirns oder auf vermehrte Thätigkeit *) der Aderhautgefässe und mechanische Reizung der Netzhaut, sondern blos auf das allgemeine Gesetz der Zuleitung recurriren muss, welches ich im 6ten Abschnitt entwickelt habe. Der Nasenhöhlzweig (nervus narinus) giebt 1 bis 2 Blendungsnerven ab, welche fest auf die Scheide des Sehnerven geheftet sind, und läuft vorher selbst queer über denselben weg. Alles also, was den Nervus narinus (vom ersten Hauptast des fünften Hirnnerven) reizt, kann durch Zuleitung auf die Markhaut des Sehnerven fortgepflanzt werden, so gut als ein Schenkel zucket, man mag dessen Nerven selbst, oder ein leitendes Stück Muskelfleisch berüh-

*) Pfaff a. a. O. S. 323. — Rückwirkung des Hirns würde übrigens jetzt, da Sömmering die grosse Entdeckung vom Ursprunge des fünften Paars nahe an der Wand der vierten Hirnhöhle bekannt gemacht hat, erklärbarer als ehemals seyn. Vom Organ der Seele, §. 21. Tafel II.

ren, welches an ihm anlieget. Der Nafenhöhlzweig hängt (nach Cotuni) regelmäfsig mit einem Faden des Nafalis fuperficialis inferior (des untern Hautnerven der Nafe vom zweiten Hauptaft des fünften Paars) zufammen. Da diefe Anaftomofe aber nicht felten fehlt, *) fo ift mehr noch auf die Vereinigung des Nervus narinus mit dem Antlitznerven (befonders mit dem jugalis quartus,) welche im Augenliedfchliefser gefchieht, zu rechnen. Diefer anaftomofirt nun regelmäfsig mit dem untern Hautnerven der Nafe, welcher, wie der vordere gröfsere Gaumnerve, ein Zweig des zweiten Hauptafts des fünften Nervenpaars ift. Liegt nun ein Metall zwifchen der fpongiöfen Subftanz der Oberzähne und Oberlippe, fo ift leicht einzufehen, wie es jenen Gaumnerven (Nervus palatinus anterior major,) deffen innerer Zweig fich bis ans vordere Zahnfleifch der Schneidezähne verbreitet, reizen kann. Auch lehrt folgende Beobachtung, welche wichtige Rolle jener Nerv in dem Hunterfchen Verfuche fpielt. Die blitzähnliche Erfcheinung feh' ich erfolgen, wenn beide Metalle am Innern des Gaumens, befonders an der innern Naht des Oberkiefers anliegen. Warum? Weil gerade in diefe Gegend der Gaumenhaut fich beide Zweige des vorderen gröfseren Gaumennerven verbreiten.

Liegt das Metall zwifchen der Oberlippe und der fpongiöfen Subftanz des Zahnfleifches, fo wirkt hauptfächlich der zweite und dritte Oberlipp-

*) Sömmerring's Hirnlehre, S. 209.

nerve, welcher durch mehrere Fäden mit dem Antlitznerven (besonders dem facialis inferior tertius,) und mittels dieses mit dem auf dem Sehnerv gehefteten narinus (Nasenhöhlzweig) vereinigt ist. Bei mehreren Individuen hängt der zur Oberlippe herablaufende Nervus infraorbitalis unmittelbar mit dem infratrochlearis des Nasenhöhlzweigs zusammen. Aus diesen mannigfaltigen Anastomosen des Antlitznerven und fünften Hirnnerven, so wie aus der verschiedenen Dicke ihrer äusseren Bedeckungen läßst sich einigermasßen erklären, warum manchen Menschen der Huntersche Versuch besser als andern gelingt.

Wo man die blitzähnliche Erscheinung und das Galvanisiren der Zunge anatomisch zu erklären sucht, finde ich immer eine Armatur von Muskeln und Nerven erwähnt; ja man ist verlegen, welchen Theil man als armirten Muskel betrachten soll. Zu diesen Verwirrungen hat die Gewohnheit, das Galvanische Experiment durch Verbindung einer Nerven- und Muskelbewaffnung anzustellen, geführt. Aber dasselbe glücket eben so gut, wenn ein Nerv in zwei verschiedenen Puncten armirt ist. Ist der Nerve vollends ein Sinnesnerve, so kommt wahrscheinlich dabei gar keine fibröse Bewegung ins Spiel, sondern die Reizung wird bis ins Seelenorgan fortgepflanzt und erregt unmittelbar die Empfindung, welche jenem specifiken Reize entspricht. Es mag daher der Zungennerve an seiner pinselartigen Verbreitung, und der Oberlippenner-

ve, *) oder dieſer und der Gaumennerve armirt werden, ſo ſind (nach obiger Entwickelung jenes wunderbaren Geſlechtes) alle dieſe ſenſiblen Organe doch als ein einziger fortlaufender Zweig zu betrachten.

Perſonen, denen ein Auge zerſtöhrt und vertrocknet iſt, ſehen die blitzähnliche Erſcheinung deutlich in dem geſunden Auge. Verſuche mit Blindgebornen, deren Sehnerve vor und nach der Kreuzung **) wahrſcheinlich unverletzt iſt, fehlen bisher, und würden doch nicht unlehrreich ſeyn. Während eines Gewitters gelingt (wie ein hieſiger kenntniſsvoller Arzt, Herr von Schallern, zuerſt und ſehr richtig bemerkte,) das Hunterſche Experiment am ſtärkſten. Je näher das Gewitter heranrückt, je mehr der Dunſtkreis mit dem elektriſchen Fluidum geſchwängert iſt, deſto lebhaftere Blitze erregt der Metallreiz.

Zuſammenziehung, oder Erweiterung der Pupille habe ich, ſo wenig als Herr Pfaff, je beobachten können, und ich vermuthe ſelbſt, daſs

*) Der Zungennerve hängt wie der Oberlippennerve mit dem Antlitznerven und zwar durch die Chorda tympani zuſammen.

**) Vergl. Ueber die Durchkreuzung der Sehnerven, von Philipp Michaelis, 1790. Der Verfaſſer hat ſeitdem viele neue, die Decuſſation ganz beſtätigende Fälle beobachtet. — Wie verhalten ſich die Sehnerven in den Monoculis, welche bei Schafen vorkommen? und wovon das Naturaliencabinet der Academie zu Pavia ein ſo deutliches Exemplar beſitzt. Das Lamm hatte lange mit ſeinem einen Auge auf der Stirn gelebt und ſcharf geſehen.

Fowler's widersprechende Versuche sich aus eben der Sympathie der Nasen- und Blendungsnerven erklären lassen, welche bei hellem Lichte niesen und beim Riechen an Salmiakgeist (beim Wasserkopf) Erweiterung der Pupille erregt. Für Mitwirkung des freien Lichtes bei diesem Galvanisiren haben wir also noch gar keinen Beweis. Jedes Organ giebt die Erscheinung, welche seiner Energie angemessen ist. Ein gereizter Sehnerve kann daher nicht fibröse Bewegung, sondern nur Lichtempfindung hervorbringen, er mag vom galvanischen Fluidum, oder blofs mechanisch *) gereizt seyn. Ich besinne mich selbst bei einer unvorsichtigen Bereitung der oxygenirten Kochsalzsäure, wo meine Geruchsnerven bis zur Betäubung vom Sauerstoffe gereizt wurden, lange einen blitzähnlichen leuchtenden Schein vor den Augen gesehen zu haben. Meine Pupille veränderte sich dabei eben so wenig, als bei den unglücklichen Menschen, welche ein Druck aufs Hirn ganze Reihen von Lichtern **) sehen liefs.

D. Monro zu Edinburg war so erregbar für den Metallreiz, dafs er aus der Nase blutete, wenn

*) Marat's Feinde sagten im Nationalconvente, dafs Blitze, die jener bei einer Ohrfeige gesehen, ihn zum Nachdenken über die Natur des Lichtes und zu seinem *Traité sur le feu* veranlafst hätten!

**) Auch mannichfaltige innere Reize bringen bei verschlossenen Augen Licht- und Farbenerscheinungen hervor, deren Gesetze Herr Darwin mit unglaublichem Scharfsinne entdeckt hat. — Blitze beim Erwachen und Aufschlagen der Augenlieder erklärt man aus einem elektrischen Reiben der Augenwimpern, — eine Erklärung, die wohl mehr künstlich als wahr ist.

er Zink ganz leise in das Nasenloch schob und damit die Zungenarmatur berührte. *) Das Bluten fing immer erst mit dem Blitze an. Diese Erscheinung scheint mir in physiologischer Hinsicht lehrreich. Sie zeigt, wie die Nerven, wo sie die kleinen Blutgefäfse umschlingen, diese reizen und ihre Pulsation beschleunigen. Sie bestätigt, was grofse Zergliederer von den Wirkungen der Schaam und Freude aufs fünfte Paar der Nerven und auf den Antlitznerven behaupten.

Wenn man den Hunterschen Versuch oft hinter einander wiederholt, so kann man sich, was ich aus eigner Erfahrung weifs, temporäre Schwäche der Augen, wie nach grofser Anstrengung beim Lesen, und endlich Entzündung derselben zuziehen. Kann aber diese heftige Reizung selbst nicht in einigen pathologischen Fällen nützlich seyn? Boerhaave **) erzählt, dafs ein englischer Tonkünstler, dem eine gesprungene Violinseite das Auge traf, dadurch eine solche Schärfe des Gesichts erhielt, dafs er seitdem ohne Schmerz die feinste Schrift bei Nacht lesen konnte. Bei Personen, welche man ohne Rettung erblindet hält, möchte man daher immer den Metallreiz wagen. Ich würde, um das Galvanische Durchströmen zu vermehren, die ganze Zunge, den ganzen Gaumen, ja die ganze innere Mundhöhle mit wirksamen Metallen zu belegen rathen. Dann würden alle Zweige des fünften Paars und des Antlitznerven auf einmal wirken. Ist der Sehnerv noch

*) *Medical extracts, Vol. I. p.* 117.

**) *De morbis oculorum, Gött.* 1746. *p.* 132.

nicht ganz verdorret, ſo erhalten einige Faſern deſſelben vielleicht durch die Erſchütterung ſo viel Reizbarkeit, daſs ſie die Functionen der fehlenden verrichten. Verſuche dieſer Art ſcheinen vielverſprechend und wenigſtens unſchädlich. Von den wohlthätigen Wirkungen der Elektricität hat Herr Prof. Ellinger*) merkwürdige pathologiſche Fälle bekannt gemacht. Durch elektriſche Bäder und poſitive Strahlenbüſchel, welche auf die Augenlieder gerichtet wurden, heilte er einen grauen Staar,**) Augenentzündung, Lichtſcheu, Eiterungen und einen Thränenfluſs. Aus der ſpecifiken Unerregbarkeit gewiſſer Organe gegen gewiſſe Reize läſst ſich ſehr leicht erklären, warum bei ſo vielen andern Augenkranken die Elektricität unwirkſam war.

So wie man bei Bewaffnung des Zungen- und Gaumennerven den Sehnerven durch Zuleitung reizen kann, ſo habe ich durch eine umgekehrte Sympathie mittels des Sehnerven und Naſo-ocularis Zuckungen im Maule der Thiere hervorgebracht. Ich zergliederte bei einer Durchreiſe durch Leipzig mit Herrn Fiſcher, dem vortrefflichen Beſchreiber der Schwimmblaſe, den Cyprinus Carpio. Wir armirten den Opticus mit Silber, und einen andern ausgezeichneten Nerven, der in die Augenhöhle tritt und Fäden abgiebt, die den Sehnerven berühren, (wahrſcheinlich alſo ein

*) Voigt's Magazin für das Neueſte aus der Phyſik, B. 9. St. 4. S. 175.

**) Ware heilte einen ſchwarzen Staar durch Elektricität. S. Merkwürdige Abhandl. der Londner medicin. Geſellſchaft, B. 3. n. 14.

Nerve, der dem Naſo ocularis des erſten Hauptaſtes vom fünften Paare beim Menſchen entſpricht) mit Zink. So wie ſich beide Metalle berührten, entſtand ein heftiges Zucken der Oberkiefer. Ward hier das Galvaniſche Fluidum nicht vom Naſo ocularis auf den Maxillaris ſuperior oder zweiten Hauptaſt des fünften Paars geleitet? Bei einem Gänſekopfe, der ſeit 8 Minuten abgeſchnitten war, armirte ich die Zunge und das Weiſſe des Auges. Zu meinem Erſtaunen öffnete ſich der Schnabel $\frac{1}{4}$ Zoll weit und es entſtand ein ſchnatterndes convulſiviſches Klappern der Kinnladen. Wurden beide Metalle im Munde ſelbſt angelegt, ſo war die Bewegung nicht hervorzubringen. Es wäre der Mühe werth, den Lauf der Nerven an einem Gänſegeſichte ſorgfältig zu verfolgen, um das Problem zu löſen, warum der Voltaſche Blitzverſuch bei ganz ähnlicher Armirungsmethode nicht dieſelben Zuckungen in den Kiefern beim Menſchen erregt?

Ich komme nun zu dem Voltaſchen Zungenverſuche, welcher bereits vor 30 Jahren in Teutſchland angeſtellt wurde, und deſſen in der 1767 erſchienenen Nouvelle théorie des plaiſirs von Sulzer *) erwähnt iſt. Vielleicht hat man

*) P. 155. (Vergl. Lichtenberg's Taſchenkalender, 1794. S. 186. Pfaff a. a. O. S. 135. 312. und 321. Gren's Journal der Phyſik, H. 22. S. 66. u. 236. Aldini *de animali electricitate, p.* 14. Carradori, *lettera quinta ſull' elettricità animale diretta al Sig. Caval. Felice Fontana. Tabulae nevrologicae ad illuſtrandam hiſtoriam anat. cardiacorum nervorum auctore* Antonio Scarpa, *Ticini,* 1794. *p.* 16.)

ſchon ſeit Jahrhunderten einen ſäuerlichen Geſchmack empſunden, wenn man eine ſilberne Schnalle ſo in den Mund nahm, daſs der Rand derſelben die obere, der Dorn die untere Zungenfläche berührte. Vielleicht hat man ſeit eben der Zeit in chirurgiſchen Operationen bei Lancetten mit ſilbernen Griffen, oder Pincetten und Scheeren convulſiviſche Zuckungen bemerkt, ohne zu ahnden, daſs hier etwas ganz anders, als mechaniſche Reizung, wirke! Wie, wenn ein ſcharfſinniger Kopf, dem die Théorie des plaiſirs in die Hände fiel, von der Idee der freien Zungennerven auf den Verſuch mit entblöſsten Bewegungsnerven geleitet worden wäre, dann — dann wäre die groſse Entdeckung des Metallreizes noch in die ſchöne Epoche eines Haller, Franklin, Trembley, Camper und Buffon, in die Jugendjahre des groſsen Florentiners Felice Fontana gefallen. Ich bin weit davon entfernt, unſer Jahrzehend arm an unterſuchenden Köpfen zu nennen, aber was hätten unſere Zeitgenoſſen für Fortſchritte thun können, wenn wir mehr von jenen empfangen hätten, als wir der Nachwelt hinterlaſſen.

Herr Volta hat bei Bekanntmachung ſeiner Entdeckung zugleich auch eine Verſchiedenheit des erregten Geſchmacks, nach Verſchiedenheit der Armatur einen ſäuerlich-brennenden und einen alkaliſch-bittern angegeben. Wenn dieſer Unterſchied in der Natur auch nicht ſo beſtimmt iſt, als es jene Worte ausdrücken, ſo iſt er doch immer vorhanden und nicht in bloſser Abſtuffung der Stärke und Schwäche gegründet. Der Geſchmack, welcher

bei Belegung der Zungenſpitze mit Silber und der hintern Zungenfläche mit Zinn entſteht, hat, wenn das Organ nicht erregbar iſt, bisweilen die volle Bittere der Polygala amara. Merkwürdig iſt es, daſs bei dieſem Experimente auſser den Geſchmacksorganen zugleich auch, wie beim Genuſs heiſser Speiſen, das Gefühl afficirt wird. Die brennende Empfindung, welche eine breite Silberfläche unter und Zink über der Zunge erregt, iſt ſchlechterdings eine Erſcheinung des letztern Sinnes. Denn man bemerkt dies Brennen vollkommen in der Lippe, wenn man dieſe nebſt der Zunge armirt. Dagegen wird Kälte erregt, wenn man die hintere obere Fläche der Zunge mit Zink, die untere vordere mit Silber armirt, ja die Empfindung der Kälte nimmt zu, ſo wie man mit dem Zinke tiefer gegen die Zungenwurzel fortſchreitet. Setzt man das Galvaniſiren an dieſer Stelle lange fort, ſo erregt der Reiz eine Uebelkeit, welche bis zum Erbrechen vermehrt werden kann. Man glaube nicht, daſs dieſe Uebelkeit Folge des mechaniſchen Reizes ſey. Denn homogene Metalle kann man unter ähnlichen Umſtänden lange Zeit appliciren, ohne daſſelbe Gefühl zu erregen.

Dagegen habe ich ebenfalls mehrmals an mir ſelbſt erfahren, daſs homogene Metalle (bei erhöhter Reizempfänglichkeit der Organe) Sinnesnerven ſo gut, als Bewegungsnerven, afficiren. Man beſtreiche ſeine Zunge mit einer diluirten alkaliſchen Auflöſung (ſchwachem Oleum tartari per deliquium) oder oxygenirter Kochſalzſäure, ſo em-

pfindet man bei jedem Contacte der (vorher ganz unwirkſamen) homogenen Zinkſtange brennende Schläge in der ganzen Mundhöhle. Alle Perſonen, welche ſich entſchloſſen, dieſen Verſuch eben ſo anzuſtellen, haben mir die Richtigkeit meiner Beobachtung beſtätigt. Auch das Hunterſche Blitzexperiment gelingt mit homogenen Metallen, wenn man den Gaumen und die Oberlippe von innen mit der alkaliſchen Auflöſung benetzt. Ja, es iſt mir gelungen, bei Perſonen, welche wegen Unerregbarkeit der Organe mit Zink und Gold faſt gar keinen blitzähnlichen Schein ſahen, durch dieſe Benetzung ein lebhaftes Leuchten hervorzubringen. Unpartheiiſche Phyſiker werden in der Uebereinſtimmung ſo vieler Phänomene die Richtigkeit meiner Behauptung (S. oben den dritten Abſchnitt) von der Wirkſamkeit homogener Excitatoren, erkennen.

Wenn Zink die untere Zungenfläche bewaffnet und mit der trocknen Hand eine Silberplatte gegen den Zink gedrücket wird, ſo empfindet man keine Reize der Geſchmacksorgane. Die Hand iſolirt und die Erregbarkeit des Syſtems iſt nicht groſs genug, um hier (wie im Fall Fig. 9.) ohne Kette afficirt zu werden. Befeuchtet man die Hand, *) ſo iſt die Kette, durch die Verbindung des Arms mit dem Rumpfe, hergeſtellt, und nun tritt auch die Reizung ein. Selbſt der Hauchverſuch, oder das

*) Vergl. damit Herrn Volta's Verſuch, bei welchem Berührung der Zunge durch alkaliſche Lauge einen ſauren Geſchmack erregt. Gren's Neues Journal der Phyſ. B. 3. H. 4. S. 480.

Galvanische Dampfelektrophor (s. oben den vierten Abschnitt) gelingt bei dem Voltaschen Experimente. Man armire beide Zungenflächen mit homogenem Zinke, so wird man (bei minderer Reizempfänglichkeit der Organe) nicht eher den sauren Geschmack empfinden, als bis das Silber, welches zwischen dem Zinke liegt, auf einer Seite mit Wasser benetzt wird. Steht das Silber auf beiden Seiten mit einem verdampfenden feuchten Stück Muskelfleisch in Berührung, so verschwindet die Reizung wieder.

Daſs bei allen diesen Versuchen keine Zukkung der Zunge entsteht, beweiset vollkommen die alte Galenische Behauptung, daſs das fünfte Nervenpaar (der dritte Haupt'ast) zum Geschmack, das neunte (lingualis medius) ausschlieſslich zur Bewegung der Zunge dient, eine Behauptung, welche Herr Scarpa neuerlichst in seinen Tafeln über die Herznerven (1794) durch viele pathologische Fälle bestätigt hat. Als ich bei einem Kaninchen den Zungenfleischnerven nahe am Zungenbein, wo beim Menschen der Hyoglossus liegt, armirte, sah ich deutlich den vordern Theil der Zunge sich nach innen einziehen.

Wenn man die Schwerauflöslichkeit metallischer Substanzen im Speichel betrachtet, so scheint es auffallend, daſs alle Gattungen der Metalle schon für sich die Geschmacksnerven reizen, ja, so sonderbar reizen, daſs man einen eignen Namen für diese Art der Reizung erfunden hat. Wie wenn jeder metallische Geschmack überhaupt nur eine Folge des

Galva-

Galvanismus wäre, wenn die Berührung der Zungenwärzchen mit einem einzelnen Metalle schon ein schwaches Galvanisiren der Zunge wäre? Die Entdeckung (Fig. 9.), dass bei homogenen Metallen, selbst ohne kettenförmige Verbindung, Contractionen entstehen, macht diese Vorstellungsart weniger verwerflich. Auch berührt jede noch so kleine Münze, welche man in den Mund nimmt, mehrere Zungenwärzchen. Der dritte Hauptast des fünften Paars ist also eigentlich in mehreren Puncten (wie Fig. 5.) armirt.

Bei meinen Versuchen auf den Wunden des Schulterblattes hat sich gezeigt, dass der Metallreiz in wenigen Secunden die Absonderung einer scharfen, dunkelgefärbten serösen Feuchtigkeit bewirkte. Wie wenn der Voltasche Zungenversuch nur in so fern die Geschmacksorgane afficirte, als er jene Secretion in den Flocken veranlasste? Wie wenn wir nicht das Galvanische, oder elektrische Fluidum selbst, sondern nur den, durch die veränderte Thätigkeit (vita propria) der Gefässe abgesonderten Saft schmeckten?

Die freie Ausbreitung der Geruchsnerven, welche vom ersten und fünften Paare (ram. secund.) abstammen, die sympathischen Erscheinungen des Gesichts, Geruchs und Geschmackes, und die Analogie mit dem riechbaren elektrischen Fluidum liessen allerdings vermuthen, dass das Galvanisiren der Nasenhöhlen auch den Sinn des Geruchs afficiren müsse. Diese Vermuthung hat sich aber bisher kei-

neswegs *) bestätigt. Zwar ist es mir geglückt, durch eine Zinkstange, welche man nur 2 Linien tief an die innere Zwischenwand der Nasenlöcher, und eine Silbermünze, welche man an die Zunge anlegt, bei jedesmaliger Berührung der Metalle einen sonderbaren Kitzel, von Kälte begleitet, in der Nase zu erregen. Mit Fortsetzung des Experiments entsteht Drücken im Kopfe und eine Neigung zum Niesen. Durch homogene Metalle kann man sich überzeugen, dass diese Neigung schlechterdings nicht Folge eines mechanischen Reizes ist. Aber eben so wenig gehört sie zu den Phänomenen des Geruchs, da sie bloss den allgemein verbreiteten Sinn des Gefühls afficirt.

Ueber die Reizempfänglichkeit der Zahnhöhle haben Herr Robinson und Hecker widersprechende Erfahrungen **) geliefert. Ich selbst muss auf die Seite des erstern treten. Ich hielt Zink an den Alveolus des hintersten Backenzahns im Oberkiefer, wenige Minuten nachdem er nur herausgerissen war. Die Zunge war mit Silber armirt. Der Contact der Metalle erregte ein lebhaftes Pochen und Zucken im Gaumen, so wie Brennen in der Zahnhöhle. Dieses Brennen und ein heftiger Speichelfluss dauerte wohl zwei Minutenlang nach Aufhebung des Contacts fort. Ja! Gold und Zink brachten noch nach zwei Tagen schmerzhafte Empfindungen hervor und es wäre gewiss leicht gewesen, die Reizung bis zur Entzündung fortzusetzen.

*) Pfaff a. a. O. S. 147. und 213.

**) Pfaff S. 148.

Diese Entzündung durch Anwendung des Metallreizes habe ich wirklich an einer Handwunde entstehen sehen. Als ich mit den obigen Versuchen beschäftigt war, hatte ich mir durch einen heftigen Fall die Haut am Handgelenke, wo die Arterien frei liegen, abgeschunden. Diese glückliche Gelegenheit zu Beobachtungen durfte nicht ungenützt vorbei gehen. Die Cuticula war weggerissen, aber das Blut (welches mich bei andern vorsetzlich gemachten Incisionen am Fusse im Experimentiren gehindert hatte) floss in geringer Menge. Ich armirte die Wunde mit Zink und berührte denselben mittels einer grossen Silbermünze. So lange der Contact der Metalle dauerte, empfand ich eine Spannung bis in die Fingerspitzen herab, ein Zittern der Maus und ein brennendes Stechen in der ganzen Handfläche. Der Schmerz wurde deutlich stechender, wenn der scharfe Rand des Thalers und nicht die Fläche desselben, den Zink berührte. Auch sah ich, durch den Reiz, den Zufluss des Bluts sichtbar zunehmen. So wie dieses geronn, wirkte die Armirung schwächer. Ich machte daher mit einem Secirmesser feine Einschnitte und nun brachte das mehrere Tage lang fortgesetzte Galvanisiren eine völlige Inflammation hervor.

So wie in dem vorerwähnten Experimente Empfindungs- und Spannkraft zugleich *) afficirt wurden, so zeigte sich diese vereinte Wirkung noch deutlicher bei den Rückenwunden, deren ich bereits in meinen physiologischen Briefen an Herrn

*) Pfaff S. 299.

Blumenbach *) erwähnt habe. Nirgends häufen sich alle Erscheinungen des Galvanismus so an einander, als bei diesem Versuche. Ich liefs mir, um eine recht grofse entblöfste Hautfläche zu erhalten, zwei Canthariden von der Gröfse eines Laubthalers in die Gegend der beiden Schulterblätter legen. Sie bedeckten genau den Musculus cucullaris und deltoides. Besonders lag die Wunde der rechten Seite mehr auf dem Deltamuskel, denn die Zuckungen, welche beim Galvanisiren entstanden, waren fast allein in diesem Muskel zu sehen. Als beide Blasen aufgeschnitten waren, quoll, wie gewöhnlich, die lymphatisch-seröse Feuchtigkeit ungefärbt herab. Wo sie den Rücken berührte und antrocknete, liefs sie nichts, als einen schwachen Glanz zurück, der durch Abwaschen sogleich vernichtet wurde. Meine rechte Wunde liefs ich nun mit einer Silberplatte bedecken; kaum war der Conductor von Zink genähert, so wurde, unter schmerzhaftem Brennen, neue Feuchtigkeit hervorgelockt, Diese Feuchtigkeit erschien aber, zum Erstaunen aller Umstehenden, nicht weifs und gutartig; nein, sie war in wenigen Secunden roth gefärbt und entzündete, wo sie herab lief, den Rücken mit blaurothen Striemen. Kein bösartiges Geschwür kann einen so scharfen schnellwirkenden Saft hervorbringen. Diese

*) Im ersten und dritten, S. Gren's neues Journal d. Physik, B. 2. S. 119. und B. 3. S. 166. Vergl. auch Scarpa *in Tab. nevrol. ad illustrandam hist. cardiacorum nervorum* 94. p. 6. Mündlichen Nachrichten zufolge hat einer meiner Jugendfreunde D. Schacht zu Utrecht ähnliche Versuche bei Blasenpflastern angestellt.

Erſcheinung war zu auffallend, um ſie nicht näher zu prüfen. Die Wunde meiner linken Schulter war noch mit ungefärbter Feuchtigkeit gefüllt. Herr von Schallern, der die Mühe übernahm, auf meinem Rücken zu experimentiren, fing das Galvaniſiren auch hier an. In vier Minuten waren heftiger Schmerz, Entzündung, Röthe und Striemen ebenfalls vorhanden *). Ich ſah, ſo ſorgfältig ich auch alles abwaſchen lieſs, mehrere Stunden lang, wie ein Gaſſenläufer aus.

Unter allem, was ich (bei meinem kurzen Aufenthalt in Pavia) Herrn Scarpa von meinen und meines Bruders galvaniſchen Verſuchen erzählte, war dem groſsen Phyſiologen nichts ſo auffallend, als dieſe Umwandlung der herbeigelockten lymphatiſch-ſeröſen Feuchtigkeit. Wo iſt ein Stimulus, ſagte er, der in wenigen Augenblicken die Natur der Gefäſse ſo abändert, der ſie ſtimmet, Säfte zu bereiten, welche bei der erſten Berührung des Oberhäutchens ſogleich Entzündung erregen und ihren Weg durch Stunden lang anhaltende Röthe bezeichnen? Sollte nicht Idioſynkraſie der Gefäſse, krankhafte Schärfe der Säfte, dieſs wunderſame Phänomen veranlaſst haben? Wurde die Röthe auch wirklich erſt durch die Anwendung des Metallreizes hervorgebracht? So wenig ich mir auch bei meinem obigen

*) Herr von Madai, ein junger Mann, der leider! den Wiſſenſchaften ſo früh entriſſen wurde, hat dieſe Verſuche in ſeiner Abhandl. über die Reize ſchön benutzt, S. Reil's Archiv d. Phyſiologie B. 1. H. 3. S. 90. Vergl. Hebenſtreit *Diſſ. de turgore vitali, Lipſ.* 95. §. 4. *p.* 14.

Verfahren die Möglichkeit einer Täuschung denken konnte, so versprach ich doch Herrn Scarpa, der geringen Unbequemlichkeit nicht zu achten und gleich nach meiner Rückkunft nach Deutschland das Experiment an mir selbst zu wiederholen. Ich habe mich dieses Versprechens erinnert und es im Herbst 1795. erfüllt. Ich liess mir wieder zwei Blasenpflaster auf den Musculus cucullaris der rechten und linken Schulter legen. — Ich ziehe diesen Ort aus vielfachen Gründen den Armwunden vor. Die Schulter- und Rückenmuskeln bieten eine grosse, ebene und bequeme Fläche dar, auf welcher man die Metalle sicher appliciren (und wenn der Körper wagrecht liegt) Stunden lang, wie auf einem Tische, ruhig experimentiren kann. Dazu ist es sehr gut, dass die leidende Person dem Galvanisiren nicht selbst zusieht. Annäherung der Metalle, Vorrichtungen zum Versuche spannen die Phantasie, setzen innere Reize in Thätigkeit, welche das Urtheil über die Wirkung äusserer Reize unsicher machen.—

Beide Blasen wurden aufgeschnitten, und die abgesonderte Feuchtigkeit aufmerksam untersucht. Sie war ungefärbt bis das Galvanisiren anfing. Nun erfolgte die Umänderung genau, wie bei dem ersten Experiment im Frühjahr 1795. Wo die Lymphe gegen die Bauchhöhle herab lief und von den Falten des Muskelfleisches aufgehalten wurde, ward die entzündete Stelle zollgross. Drückte man sie mit dem Finger, so traten die Blutkügelchen auf einige Secunden zurück und die Röthe verschwand. Ich konnte den Finger in die Feuchtigkeit

tauchen und mir Figuren, oder Namenzüge auf der Oberhaut mahlen, die (trotz des Abwaschens) Stunden lang blutroth gefärbt blieben. Ich versuchte, die entzündeten Streifen mit kaltem Wasser zu waschen. Sie nahmen aber unter unseren Augen an Intensität der Farbe und Grösse (bis 2 Quadratzoll) so unaufhaltsam zu, dass die Erscheinung dem Arzte und mir selbst bedenklich wurde, und wir den Rücken (sogleich ohne grossen Erfolg) mit lauwarmer Milch bestrichen. So wirksam übrigens dieser Saft war, so war die entzündliche Röthe, die er erregte, doch völlig schmerzenlos.

Man muss ihn daher nicht mit dem verwechseln, welcher beim Hüftweh (wenn man es nach Cotunni's Methode behandelt) bisweilen die Canthaaridenblase durchfrisst *), und wo er die Haut berührt, sie unter empfindlichem Brennen wund macht.

Wie wundersam zeigt sich nicht bei diesem Versuche der Bau der thierischen Materie! Ein feiner Stoff **), den Organen mitgetheilt, oder aus ihnen abgesondert, ändert in wenigen Augenblicken ihre Natur ab und nun quellen Flüssigkeiten hervor, welche in ihren Elementen anders gemischt, oder geformt sind, als sie es vor der Reizung waren. Jeder Stimulus ändert die eigentliche Thätigkeit (Energie) der Gefässe ab. Das gereizte Organ ruft Erscheinun-

*) Vogel's Handbuch der praktischen Arzneiwissenschaft, 2te Ausgabe T. 2. S. 217.

**) Vergl. Reil's Archiv der Physiologie B. 1. H. 1. S. 94. und 118. besonders aber Cullen's *Lectures on the Materia medica ed. 2. p. 6.*

gen hervor, welche nach Verschiedenheit des Irritaments verschieden sind. In dem dädalischen Geflechte erregbarer Fasern zieht eine Veränderung die andere nach sich, und auf diesem Wege lernen wir wenigstens die Möglichkeit einsehen, wie der einzelne Hauch eines Pestkranken (das unwiegbare Atom eines gasförmigen Stoffes!) plötzliche Zerrüttung einer ganzen thierischen Maschine hervorbringen kann. Herr Blumenbach *) hat das unverkennbare Verdienst, durch seine Lehre von der vita propria der Gefäſse ein groſses Licht über diese Materie verbreitet zu haben. —

Da ich den Galvanischen Reiz an dem Alveolus eines ausgezogenen Zahnes, mehrern Handwunden und vier Blasenpflastern an mir selbst versuchte, da diese Experimente bisweilen $\frac{3}{4}$ Stunden lang fortgesetzt wurden, so bin ich vielleicht mehr, als irgend einer, im Stande die Empfindung zu schildern, welche diese Art der Reizung in entblöſsten Theilen hervorlocket. Schmerzhaft ist sie allerdings zu nennen und um so schmerzhafter, je erregbarer der Theil ist, welcher galvanisirt wird. Ich habe mehr, als einmal, die Bestätigung des Satzes, daſs die Gröſse

*) S. dessen neueste Schrift *De vi vitali sanguini neganda vita autem propria solidis quibusdam corporis humani partibus adserenda* 95. In der Stelle gegen Gautier wird die Idee der *specific irritability* dem D. Blanc zu geschrieben. Mir scheint sie aber schon von Cullen deutlich entwickelt, S. *Lectures on the Materia medica ed. 2. p.* 198. Auch die Schrift des D. Mudge (*A radical and expeditious cure for a catarrhous cough)* welche ich mir noch nicht habe verschaffen können, muſs manches über die specifike Reizbarkeit enthalten.

der Reizung x gleich ist dem Product aus dem Stimulus y, und der Reizempfänglichkeit der Theile z (oder $x = yz$) recht eigentlich empfunden. Liess ich meine Rückenwunden mit oxygenirter Kochsalzsäure, oder Oleum tartari per deliquium benetzen; so glaubte ich von Gold und Zink (den wirksamsten Excitatoren) gereizt zu werden, wenn der Arzt mich nur durch zwei verschiedene legirte Goldstücke galvanisirt hatte. Da y und z veränderliche Grössen sind; so muss x sich gleich bleiben, wenn der eine Factor um so viel abnimmt, als der andere verstärkt wird.

Die Empfindung, welche der Metallreiz erregt, hat für mich auch nicht die entfernteste Aehnlichkeit mit der des elektrischen Ausströmens. Es ist ein Schmerz sui generis, der nicht das knipsend-stechende, abgesetzte, durchdringende hat, was das elektrische Fluidum erwecket. Ich unterscheide darin heftiges Pochen, einen ordentlichen Druck mit anhaltendem Brennen verbunden. Diess Brennen ist ungleich empfindlicher, wenn die Wunde mit einer Silberplatte armirt und von einer Zinkstange in wenigen Berührungspuncten gereizt wird, als wenn eine Zinkplatte auf der Wunde liegt, und man die silberne Pincette zur Verbindung braucht. Der Druck ist oft so heftig, dass ich mit der geballten Faust auf die Schulter geschlagen zu werden glaubte, wenn alle Umstehenden versicherten, dass man mich kaum mit den äussersten Rändern der Metalle leise berühre. So wie matte Froschschenkel oft beim Anfange des Galvanisirens, gar nicht, und nach drei- oder viermaligem Contact der Excitatoren lebhaft

zucken, so habe ich ebenfalls deutlich an mir selbst bemerkt, daſs die ersten Schläge nur dunkel empfunden werden, die folgenden vier bis sechs aber lebhaft afficiren. Sollte der Stimulus selbst die Erregbarkeit der Organe erhöhen, so daſs bei dem vierten Schlage zwar *y* sich gleich bleibt, aber *z* zugenommen hat? Oder verändert sich die Erregbarkeit nicht, und häuft sich dagegen *y* oder der reizende Stoff in den Muskelfibern an? Ich halte, bei der leichten Verflüchtigung so feiner Reizmittel, den erstern Fall für wahrscheinlicher.

Bis zur Abstumpfung meiner gereizten Nerven, durch fortgesetzte Stimulation, habe ich es nie bringen können. Wenn das Galvanisiren auch über $\frac{3}{4}$ Stunden lang wiederholt wurde, so blieb der Schmerz doch immer noch im Zunehmen. Noch am dritten Tage war die Wunde entzündet, und ich spürte deutlich den Unterschied zwischen der mehr gereizten linken Schulter und der rechten. Während des Contacts der Metalle waren alle Hals- und Schulter-Muskeln in sichtbaren wellenförmigen Bewegungen. Der Cucullaris schwoll mächtig auf, so daſs sich seine Contractionen aufwärts bis ans Hinterhauptbein und die Stachelfortsätze des Rückenwirbelbeins fortpflanzten. Ja das Haar selbst sträubte sich am Nacken.

Diese Reizung oberhalb der galvanisirten Nerven (d. h. zwischen dem Puncte ihrer Armirung und ihrem Ursprunge aus dem Hirne) ist überaus auffallend. Denn man nimmt allgemein an, daſs das galvanische Fluidum nur nach unten (vom Hirne ab-

wärts gegen die Extremitäten zu) wirke. Doch hat Herr Pfaff *) selbst an einem Frosche eine Beobachtung angestellt, die der meinigen analog ist.

Wenn das eine Metall die Canthariden-Wunde, das andere die unverletzte Oberhaut traf, so wurde — da die trockene Oberhaut der Thiere nicht leitet — weder Muskelbewegung noch schmerzhaftes Gefühl erwecket. Beide traten aber sogleich ein, als heterogene Metalle beide Wunden armirten und ein Eisendrath sie verband. Die Oberhaut bildete nun gleichsam eine 7—8 Zoll breite Brücke, unter welcher durch das Malpighische Netz die Zuleitung geschah. Eben so zuckten Froschschenkel auf meinem Rücken, wenn (F. 68.) Zink *m* auf der einen Wunde *u*, der Cruralnerv *n* auf der andern lag und ein silberner Conductor den Zink und die entblöfste Haut nahe an *n* (doch ohne *n* selbst zu berühren) reizte. Dieser Fall ist dem F. 51. analog, nur war hier das leitende Medium ein belebter Stoff. Wenn die Metalle sich nicht unmittelbar berührten und ein Stückchen Muskelfleisch sie trennte, also in der Formel $\underbrace{\text{Nerv. } P.\ H\ p.}$ so entstand weder Muskelbewegung, noch Schmerz. Beide traten ein, als die Wunde mit der alkalischen Auflösung benezt und also die Reizbarkeit erhöht wurde. Auch der Hauchversuch $\underbrace{\text{Nerv. } P.\ H.\ p.\ P.}$ gelang vollkommen und die Contractionen des Cucullaris verschwanden augenblicklich, als (in $\underbrace{\text{Nerv. } P.\ H.\ p.\ H.\ P.}$) beide Flächen des heterogenen Zwischenmetalls, *p*,

*) a. a. O. S. 149.

mit verdampfenden Stoffen belegt waren. Des Versuchs mit dem Eisendrathe, der mit meinen beiden Rückenwunden in Verbindung ſtand und mehreren Perſonen zugleich Lichterſcheinungen und ſäuerlichen Geſchmack auf der Zunge erregte, habe ich bereits oben im ſiebenten Abſchnitte umſtändlich erwähnt.

Je mehr und je wichtigere Nerven von dem galvaniſchen Fluidum durchſtrömt werden, deſto auffallender ſind die Wirkungen der Reizung. Herr Achard, welcher mit einem beſonderen Scharſſinne im Erſinnen von Experimenten begabt iſt, hat zuerſt am Menſchen die Mundhöhle und den After mittels Zink und Silber verbunden und Schmerzen im Unterleibe, zunehmende Thätigkeit des Magens und Veränderung der Excremente erfolgen ſehen. Allerdings hatte man ſo wichtige Folgen zu erwarten, da durch dieſe Application der Excitatoren der zweite Hauptaſt des fünften Paars, (Maxillaris ſuperior) und der aus dieſem, wie aus dem Gloſſopharyngeus, entſtehende, groſse ſympathiſche Nerv gleichzeitig gereizt wird.

Wem iſt aber unbekannt, daſs das Beckenſtück des letzteren Nerven kleine Faden *) zum Maſtdarm ſendet, ſo wie das Cöliaciſche Nervengeflechte den groſsen und kleinen Magenbogen umſchlingt?

Eben dieſe Betrachtung, daſs bei obigem Experimente die Mitleidenſchaft aller Rumpfnerven erregt

*) Vergl. Walters Meiſterwerk: *Tabulae nervorum thoracis* 83. *Tab. I. Fig. I.* 365. *f.* 2. 67. 69. 70.

wird, brachte mich auf die Idee, ob bei kleinen reizbaren Thieren nicht eine so heftige Art der Stimulation zur Wiedererweckung vom Scheintode genüzt werden könnte. Ich wählte Vögel zu dem Versuche aus, weil ich die Reizempfänglichkeit derselben für das galvanische Fluidum (welche ihrer Blutwärme proportional ist) aus Erfahrung kannte. Ich wartete bei einem sterbenden Hänfling die letzten sichtbaren Athemzüge ab.

Die Augen waren schon geschlossen, das Thierchen lag auf dem Rücken und mechanisches Prickeln mit einer Nadel am After brachte keine Spur einer Bewegung hervor. Ich eilte nun, ihm ein Zinkplättchen zwischen den Schnabel und Silber in den After zu stecken. Beide Metalle verband eine eiserne Kette und wie groſs war mein Erstaunen, als der Hänfling im Moment des Contacts, die Augen öffnete, sich aufrichtete und mit den Flügeln schlug! Er athmete nun wieder 6—8 Minuten ungehindert, bis er von neuem umsank und ruhig starb.

An zwei Canarienvögeln ist mir ein ähnlicher Versuch gelungen und ich zweifle nicht, daſs derselbe ein Mittel an die Hand giebt, Stubenvögel, welche ins Wasser gefallen und scheinbar todt sind, bleibend ins Leben zurück zu rufen. Die Methode ist gefahrlos, da keine künstliche Entblöſsung der Nerven dabei vorgeht; und wie sehnlichst wünscht man nicht oft die Wiederbelebung eines solchen Thierchens! Durch solche Entdeckungen kann die Physiologie einen Theil der groſsen Schuld abtragen, welche die thierische Schöpfung

wegen ſo vieler (oft unnützer) Metzeleien an ſie zu fordern hat!

Petit *) bemerkte ſchon zu Anfang dieſes Jahrhunderts, daſs bei Durchſchneidung der ſympathiſchen Nerven am Halſe das Lichtloch verengt und das Auge getrübt wurde. Herr Arnemann hat dieſe Beobachtung beſtätigt, und die Verbindung des vom Vidianus abſtammenden tiefen Fadens mit dem Aſte des ſechſten Hirnnerven, ſo wie die Entſtehung des ſympathiſchen Nerven aus beiden, erklärt dieſe Erſcheinung ſehr ſaſslich. Auffallend war mir aber die Erfahrung, die ich mehrmals an mir ſelbſt angeſtellt, daſs bei dem Achardſchen Verſuche, wenn man das Silber etwas tief in den After hinauf ſchiebt, ſich helle Blize vor beiden Augen zeigen. Ja! ich muſs geſtehen, daſs keine andere Application der Metalle mir je dieſes Licht in ſolcher Lebhaftigkeit gezeigt hat. Wer hätte wohl geahndet, daſs man von dieſer Seite her durch ein ganzes Labyrinth von anaſtomoſirenden Nervenfaſern die menſchlichen Geſichtsorgane reizen könne! Auch zeigte ſich hier abermals der ſeltene Fall einer galvaniſchen Wirkung gegen das Hirn zu. Die an dem Sehnerven anliegenden Ciliarnerven, auf deren Zuſammenhang mit dem Narinus, Facialis, Naſalis ſuperficialis inferior, Palatinus, Vidianus **) und Sympathicus es hier

*) *Memoires de l'Acad. des Sciences à Paris* 1727. *p.* 137.

**) Der Gaumennerven vereinigt ſich nemlich mit den *Naſalibus ſuper. poſterioribus Nervi Vidiani.* Sömmering's Hirnlehre §. 230. S. 202.

ankommt, liegen ganz aufserhalb der Kette, welche die Metalle vom After zur Zunge bilden.

Wenn man einem lebendigen unverletzten Frosche mit einem seidenen Faden die Hinterschenkel zusammen bindet und ihn mit dem Steifs auf Zink setzt, so kann man ihn mit Zink im After reizen, ohne dafs er sich merklich bewegt. Kaum aber berührt man ihn mit Silber, so sprengt er die Fäden und thut einen oft acht Zoll weiten Satz. Nichts übertrift die Wirksamkeit eines solchen galvanischen Zinklavements! Wenn man ein bequemes Mittel fände, eine grofse Fläche des Mastdarms beim Menschen zu armiren, so würde dasselbe unstreitig bei Ertrunkenen den Tobaksklystiren weit vorzuziehen seyn! Die Versuche, welche die Herren Gentili, Creve und Starck an amputirten menschlichen Extremitäten angestellt haben, sind bereits in Pfaff's Schrift *) gesammelt. Aber merkwürdiger, als alle diese scheint mir folgende Beobachtung des Herrn D. Grapengiesser, welche ein grofses Licht über die Reizung unwillkührlicher Muskeln verbreitet. Dieser vortrefliche Mann, dem ich die frohesten und lehrreichsten Stunden der Unterhaltung verdanke und von dessen eifrigem Studium der Natur die Physiologie und Pathologie viel zu erwarten hat, ist gegenwärtig auf einer Reise nach Italien, Frankreich und England begriffen. Bei seinem Aufenthalte in Berlin hatte ich das Vergnügen, ihn mit meinen neuen Versuchen über den Wechsel der Erregbarkeit in

*) a. a. O. S. 112. und Herrn Creve's neues lehrreiches Werk: Vom Metallreize 1796. S. 77—83.

thierischen Organen, genau bekannt zu machen. Er versprach auf dem Wege, welcher ihm viel versprechend schien, selbst fortzuarbeiten; und wie sehr er Wort gehalten, wird folgender Auszug eines Briefs an mich beweisen: „Unter den vielen medicinischen „Merkwürdigkeiten zu Dresden, giebt es im Militärhospital einen Kranken, der besondere Aufmerksamkeit verdient. Dieser Unglückliche hatte seit „vielen Jahren einen grossen Hodensackbruch. Zufällig klemmte sich derselbe ein; man behandelte „ihn mit erweichenden Umschlägen und es entstand „unter starker Eiterung im Grunde des Bruchsacks „ein Loch, aus welchem jetzt ein Theil der dicken „Gedärme, nemlich das Coecum und Colon „transversum und ein Stück des Flexus iliacus heraus hängt. Die Lage ist dazu noch umgewandt, so dass die äussere Oberfläche der Eingeweide die innere geworden ist. Wenn der Mann „sizt, so hängen Colon und dünner Darm bis auf „die Knie herab und auf jeder Seite zeigt sich eine „Oefnung. Aus der einen kommt das Lavement „heraus, wenn er eines erhält, aus der andern der „Koth oder die unverdauten Speisen. Ohne Zeichnung ist es schwer, sich einen deutlichen Begriff von „diesem wunderbaren Situs zu machen. Zwischen „dem Colon und dem dünnen Darme ist ein dicker „derber Ring zu sehen, welcher beide Theile genau „trennt und das ganze Convolut stark zusammen „schnürt. Wahrscheinlich ist dies die valvula „coli, welche durch das Umkehren aller Eingeweide (da ihr innerer Rand auch nach aussen kam)

sehr

„ſehr ausgedehnt worden iſt, und ihre Bildung in ſo „vielen (ſieben) Jahren verlohren hat. Ich nahm „mir ſogleich vor, die Wirkung des Galvanismus „an dieſen Theilen zu verſuchen. Der Kranke war „ſehr bereitwillig dazu und die Experimente, welche „du ſo häufig an dir ſelbſt angeſtellet haſt, lieſsen „mich keine Art der Gefahr fürchten. Ich armirte „den einen Theil der Därme mit Silber und den an„dern mit Zink. Kaum waren beide Metalle im Con„tact, ſo wurde der motus periſtalticus heftig „vermehrt. Mechaniſche Reizung brachte ſehr lang„ſame und nur bei groſser Anſtrengung ſichtbare „Bewegungen hervor. Bei Anwendung des Metall„reizes hingegen folgten die Undulationen ſehr „ſchnell und lebhaft auf einander. Der Kranke klagte „an der berührten Stelle über ein ſonderbares Bren„nen. So wie bei deinen Rückenwunden die Secre„tion der lymphatiſch ſeröſen Feuchtigkeit vermehrt „wurde, ſo ſchien auch hier die Thätigkeit der „Schleimdrüſen und der aushauchenden Arterien „durch das Galvaniſiren vermehrt zu ſeyn. Die Ab„ſonderung des Därmeſafts geſchah in wenigen Au„genblicken ſo heftig, daſs groſse Tropfen davon an „beiden Metallen herab lieſen. Deiner neueſten Ver„ſuche über die Nervenwirkungen der Alkalien ein„gedenk, beſtrich ich die Oberfläche des dünnen „Darms mit Oleum tartari per deliquium, „und zu meinem Erſtaunen war nun, bei einerlei „Armatur, die wurmförmige Bewegung wohl ſechs„fach verſtärkt. Selbſt das Brennen fühlte der Kranke „lebhafter, eine Erſcheinung, die allein der erhöh-

„ten Reizempfänglichkeit zuzuſchreiben iſt. Denn „die Empfindung, welche die alkaliſche Solution „ohne Metallreiz für ſich erregte, war äuſserſt ſchwach „und vorüber gehend. Da du die Unthätigkeit, oder „Erſchlaffung des Magenmuskels gröſstentheils von „der deprimirenden Wirkung der Säure auf die Ma- „gennerven herleiteſt, ſo hätte ich gern auch Ver- „ſuche mit Säuren und andern unſchädlichen Sub- „ſtanzen angeſtellt. Aber ich durfte die Gutmüthig- „keit des unglücklichen Mannes nicht länger miſs- „brauchen."

Dieſe Erfahrungen, welche wir allein dem Beobachtungsgeiſte des Herrn Grapengieſſer verdanken, ſind in mehr, als einer Hinſicht überaus merkwürdig und lehrreich. Nie hat ein Phyſiologe daran gezweifelt, daſs die wurmförmige Bewegung der Därme unwillkührlich ſey und dennoch ſehen wir dieſelbe ganz dem Metallreiz unterworfen. Wie irrig ſind alſo die Behauptungen der Lombardiſchen Phyſiker, daſs nur der Willkühr unterworfene Muskeln Erſcheinungen des Galvanismus darſtellen können! *) Ferner lehrt jener Verſuch, unwiderſprechlich, daſs der motus periſtalticus der Därme alleinige Folge der Nervenreizung iſt. Schon im Anfange des ſechſten Abſchnitts habe ich gezeigt, daſs der galvaniſche Stimulus nur durch Armatur der ſenſiblen Fiber wirkt und, wo der Metallreiz Veränderungen in der thieriſchen Ma-

*) Auch bei dem Helix pomatia war es mir ſchon früher geglückt, den Darmkanal wirkſam zu galvaniſiren. Vergl. auch Pfaff a. a. O. S. 181.

terie hervor bringt, bin ich daher berechtiget, dieselbe für eine nahe, oder entferntere Wirkung gereizter Nerven zu halten. Ich hebe diesen Satz um so ausdrücklicher aus, weil der grosse Haller seine Lehre von der eigenthümlichen (von der sensiblen Fiber unabhängigen) Muskelreizbarkeit hauptsächlich auf die wurmförmige Bewegung des dünnen und dicken Darms stützt. Warum will man über den schönen Bau der vier Darmhäute und ihre Faserschichten, das ansehnliche Netz der bis in die Zellstoffhaut zu verfolgenden (von den Coeliacischen Knoten und dem plexu mesenterico superiori abstammenden) zahlreichen Nerven aus dem Auge verlieren? Wie viele Nervenfäden läßt uns die Analogie nicht auf den Blutgefäßen und in den gedoppelten Häuten der tiefen Saugadern *) der flockigen innersten Darmhaut vermuthen? Unausführbar ist es daher, wie es Haller fordert, den Darmkanal, remotis nervis zu reizen **); jedes mechanische Stechen in die Muskelschicht eines Eingeweides trift wahrscheinlich einen Nerven selbst, oder seinen sensiblen Wirkungskreis. Fibröse Bewegung ist das gemeinsame Resultat der Nerven und Muskelfaser, und die Frage: welcher von beiden sie ausschliefslich, oder hauptsächlich zukommt, ist der gleich: ob eine Saugpumpe eher des Stempels als des Ventils entbehren könne? Diese Behauptung wird noch da-

*) Vergl. Sömmering's Eingeweidelehre 96. S. 314. und Hirnlehre §. 192.

**) Grundrifs der Physiologie 88. S. 305. Vergl. auch Mayer's Beschreib. des menschl. Körpers B. 3. S. 44.

durch bestätigt, daſs dieselben chemischen Stoffe, welche die Thätigkeit der Eingeweide stimmen, gleiche Wirkung auf den Bewegungsmuskel äuſsern, wenn sie äuſserlich mit den Bewegungsnerven in Berührung treten. Die Versuche aber, welche ich in dieser Rücksicht angestellt habe und welche einiges Licht auf die Verdauungsgeschäfte werfen, kann ich erst in einem folgenden Abschnitte umständlich entwickeln.

Wenn viele Physiologen mit Unrecht dem Darmkanale die Empfänglichkeit für den galvanischen Reiz absprechen, so fehlten sie noch mehr, indem sie diese Behauptung auf das Herz ausdehnten. Zu einer Zeit, wo das groſse Problem: ob ein so wichtiger unwillkührlicher Muskel eigene Nerven habe, oder ob diese nur den Gefäſsen zugehören, lebhaft bestritten ward, zu einer solchen Zeit war jener Irrthum nicht ohne Nachtheil für die Fortschritte der Physiologie. Herr Behrends *) stützte sich in seiner vortrefflichen Abhandlung über die Herznerven hauptsächlich auf jene Unwirksamkeit des galvanischen Reizes, und die Schnelligkeit mit welcher sich seine Lehre verbreitete, zeugt für die Begierde des Publicums, die Unabhängigkeit der Reizbarkeit von der Sensibilität durch eine recht auffallende Thatsache bekräftigt zu sehen. Unserem Landsmanne, Herrn Schmuck, gebührt das Verdienst, die Erregbarkeit des Herzens für das galvanische Fluidum zuerst bemerkt zu haben. Er stellte seine Versuche schon im October 1792, also

*) *Diss. qua demonstratur cor nervis carere. Mog.* 1792.

fünf Monathe früher, als **Fowler**, an. Dagegen glückte es diesem zuerst, den Tact des Herzens zu verändern, wenn die Armatur nicht an dem Herzmuskel selbst, sondern bei warmblütigen Thieren bloss an dem Tarvagum (Stimmnerven) und Sympathicus anlagen. Die Herren **Pfaff**, **Ludwig**, **Creve** und **Webster** *) bestättigten die Schmucksche Entdeckung, indem sie ähnliche Versuche an Froschherzen anstellten. Da aber bei denselben die Muskelfasern immer **unmittelbar** von den Metallen berührt worden waren, so entstand aufs neue der Verdacht einer **mechanischen Reizung**, und eine so wichtige Thatsache schien allerdings einer neuen Unternehmung werth **). Ich habe zu diesem Zwecke seit zwei Jahren mit meinem ältern Bruder eine Reihe von Versuchen angestellt, deren Resultate (so Geduldprüfend auch die Arbeit an sich war) sich doch in wenige Zeilen zusammen drängen läfst. Die berühmten Physiologen unter deren Augen wir oft experi-

*) **Pfaff** S. 121. und in der philosophisch geordneten Abhandlung S. 181 — 198. **Creve** in *Klein de metallorum irritamento veram ad explorandam mortem* 1794. *p.* 14. (**Gren's** neues Journal der Physik 1795. B. 1. S. 59.) **Ludwig** *scriptor. nevrolog. minores select. Tom.* 4. *p.* 408. *exp.* 3. **Webster** Thatsachen über Verbindung des Magens mit dem Leben 1796. S. 4. **Creve** in der neuen Schrift. S. 96.

) Auch Herrn **Scarpa's Stillschweigen über den Einfluss des Galvanismus auf die Herznerven, musste zu jener Untersuchung anreizen. Wie mich der grosse Mann mündlich versicherte, waren ihm bis zum Sommer 1795. alle galvanische Versuche mit dem Herzen misslungen. — **Fowler's** Versuch mit dem Stimmnerven erklärt **Valli** für eine Lüge.

mentirten und welche alle Nebenumſtände prüften, ſichern uns vor dem Verdachte der Selbſttäuſchung.

Mein Bruder lieſs hintereinander einen Fuchs und zwei Kaninchen ſchlachten. An allen dreien wurde das Herz ſchnell heraus genommen und ein Nervenſaden daran ſoweit präparirt, daſs man ihn ohne das Herz zu berühren, armiren konnte. Hätte der Zink den Nerven, und das Silber den Muskel gereizt, ſo hätte der Verſuch nichts erwieſen, als daſs auch mechaniſche Berührung des Herzens Veränderungen der Pulſation hervorbringt.

Mein Bruder armirte daher blos die ſenſible Faſer und bei jedem Contacte der Metalle wurde der Tact der Herzſchläge ſichtbar verändert. Sie nahmen an Schnelligkeit und vorzüglich an Stärke und Höhe zu. Da dieſe Zunahme jedesmal erſt von dem Moment der Metallberührung am Nerven anhob, ſo folgt nach logiſchen Geſetzen daraus, daſs ſie mit jenem Contact in Cauſalverbindung ſteht. Wollte man einwenden, daſs das Silber den Nerven und dadurch unmittelbar das Herz erſchüttert habe und daſs jede Erſchütterung im Grunde eine mechaniſche Reizung ſey, ſo wird dieſer Zweifel durch den Gegenverſuch gehoben, daſs Berührung der Nerven mit Holz, oder mit einem einzelnen Metalle, keine Veränderung in der Pulſation hervor bringt. Bei allen drei Thieren war der Erfolg derſelbe. Warum aber iſt ſo vielen anderen Phyſikern dieſer einfache Verſuch miſslungen? Hierauf läſst ſich antworten, daſs zu jeder Reizung eine beſtimmte Reizempfänglichkeit der erregbaren Theile gehört, daſs es da-

her eben ſo ſehr auf ſchnelle Präparirung der Theile, als auf die Nervenkraft des lebendigen Thieres ſelbſt ankomme. Tauſende von Fröſchen werden nur bei kettenförmiger Verbindung der Metalle gereizt. Iſt darum mein Verſuch Fig. 9. weniger wahr? Aber auch noch andere Umſtände, (wie mein Bruder ſehr richtig in einem neueren Briefe an mich bemerkt) machen die Erſcheinung verwickelter. Es iſt unmöglich, ohne nicht jede Spur der Lebenskraft aus dem Organ entweichen zu laſſen, den ganzen Plexus der Herznerven *) zu armiren. Man iſt froh, wenn man in der Schnelligkeit nur einen oder zwei Faden ſauber heraus präparirt hat. Dazu ſind dieſe Fäden ſo dünn und fein, daſs ſie dem Metalle eine unendlich kleine Fläche darbieten. Kein Wunder daher, wenn ein Stimulus bisweilen nicht wirkt, der unter ſo ungünſtigen Verhältniſſen angebracht wird?

An dem Herzen der Fröſche, Eidexen und Kröten, miſslingen mir die galvaniſchen Verſuche faſt nie. Die beweiſendſte Methode, nach welcher ich ſie anſtelle, iſt die, daſs ich zwei, fünf bis ſechs Linien lange Stücke Muskelfleiſch, oder von einer andern leitenden Subſtanz (z. B. Morchel) nach zwei entgegengeſetzten Richtungen an das Herz anlege. Dieſe beiden Stücke werden nun mit Zink und Silber armirt. Hatten die Pulſationen bereits vor 4 — 5 Minuten ganz aufgehört, ſo entſtehen ſie, bei dem jedesmali-

*) Diejenigen Verſuche, in denen nicht Herznerven, ſondern Gehirn und Rückenmark armirt werden, wie in dem 2ten, 3ten, 5ten und 6ten Experiment des Herrn Behrends, ſcheinen ganz unentſcheidend zu ſeyn.

gen Contact der Metalle, augenblicklich wieder und dauern oft 2 — 3 Minuten unaufhaltſam fort. Iſt die Muskelkraft bereits mehr geſchwächt, ſo erfolgt durch das Durchſtröhmen des galvaniſchen Fluidums nur eine einzige Contraction. Experimentirt man an einem noch pulſirenden Herzen, ſo zähle man die Pulſationen in einer Minute. War ihre Anzahl z. B. 21, ſo werden in der folgenden Minute, wo das Herz galvaniſirt wird, 38 oft 42, entſtehen. Pulſirt das Herz ſo langſam, daſs nur alle 25 Secunden ein Schlag erfolgt, ſo laſſe man die Metalle ſich den Augenblick nachher berühren, nachdem ein Schlag erfolgte. Man bemerkt dann unausbleiblich, daſs 4 — 5 Pulſationen in 8 — 10 Secunden auf einander folgen. Was kann entſcheidender ſeyn, als dieſe Verſuche, in denen das Herz auf einer Glasplatte von allen Metallen entfernt bloſs durch Zuleitung gereizt wird? Ja dieſe Erſcheinungen ſind denen an willkührlichen Muskeln ſo ganz analog, daſs wie bei jenen, alſo auch beim Herzen, Contractionen auf den Metallreiz erfolgen, wenn mechaniſcher Druck und Kneifen, oft ſchon gar keine Veränderung in dem Organe hervorbringen. Bei dem Herzen einer Ratte glückte es mir, die zuleitenden Muskelſtücke ſo zu verlängern, daſs die Armaturen über zwei Zoll weit von denſelben ablagen. Als es bereits ganz zu pulſiren aufgehört hatte, legte ich es mit einem ebenfalls ruhenden Froſchherzen in Berührung und nun erweckte das galvaniſche Fluidum, indem es durch beide durchſtrömte, in beiden gleichzeitige Contractionen. So wie Fiſchherzen nach meinen Verſuchen

am Reizempfänglichsten für die oxygenirte Kochsalzsäure sind, so werden sie auch vom Metallreize am lebhaftesten afficirt. Ich hebe aus meinen Collectaneen nur zwei Experimente heraus, welche ich mit meinem Freunde, Herrn Fischer, zu Leipzig anstellte. Das Herz eines Cyprinus Carpio, war bereits so matt, dafs wir in 4 Minuten nur einen Schlag zählten. Mechanische Berührung beschleunigte seine Pulsationen nicht. Ich galvanisirte es durch Zuleitung (d. h. mittels angelegter Muskelstücke) und von nun an folgten in der

1sten	Minute	35	Schläge.
2ten	—	31	—
3ten	—	23	—
4ten	—	12	—
5ten	—	3	—

Eine abermalige Anwendung des Metallreizes vermehrte die Zahl der Pulsationen von 3 wieder bis 25, und wir unterhielten die Bewegungen so über eine Viertelstunde lang. An dem Herzen des Cyprinus Tinca waren die Resultate fast eben so auffallend. Auch gehorchen die Muskelfasern des Herzens nicht blofs den wirksamsten Metallen, wie Zink und Silber, Zink und Gold. Ich besinne mich, im Frühling 1794 bei meinem Aufenthalte in Pohlen, Fische aus der Weichsel secirt zu haben, welche so erregbar waren, dafs selbst Eisen und Silber, ja Kupfer und Blei die Pulsationen ihres Herzens im Tacte veränderte.

Nach so vielfachen Versuchen bleibt es also wohl keinem Zweifel unterworfen, dafs der Me-

tallreiz auf die willkührlichen und unwillkührlichen Muskeln, jedoch auf die lezteren in schwächerem Grade, wirkt. Ist es nun im Vorigen erwiesen, daſs galvanische Erscheinungen nur mittels der sensiblen Fiber erweckt werden, so bestätigen auch zugleich jene Versuche den für die Physiologie so überaus wichtigen Satz: daſs die Pulsationen des Herzens von Nerveneindrücken, modificirt werden. Da ich in diesem Theile meines Werkes die Gesetze des Galvanismus abgesondert vorzutragen bemühet bin, so übergehe ich hier Beweisgründe anderer Art, welche für diesen Satz zu zeugen scheinen. Ich werde unten einer Reihe chemischer Versuche mit pulsirenden Herzen erwähnen, welche jene Nervenwirkungen in ein helleres Licht setzen und in einem Streite, in dem man leider! mehr compilirt, als die Natur beobachtet hat, nicht unwillkommen seyn werden. Hier muſs nur noch die Frage erörtert werden: warum, wenn ein Herz durch Zuleitung galvanisirt wird, die Reizung dieselbe bleibt, die zuleitenden Stücke Muskelfleisch mögen diesen oder jenen Theil des Herzens berühren?

Diese Frage läſst sich vielfach beantworten. Der Herznerven, welcher aus den drei Halsknoten und ersten Rückenknoten des Intercostalnerven und dem Vagus entspringen, sind gar nicht so wenige, als man gemeinhin glaubt. Dieſs lehren Anderſch Beschreibung, Sömmering's groſses anatomisches Werk und vor allen Scarpa's neue Tafeln über die Cardiaci und den Glossopha-

ryngaeus *). Der leztere hat die feinen und weichen Fäden an den Herzohren bei Ochsen und Pferden in der Subſtanz des Herzens ſelbſt bis zu ihrer dritten und vierten Vertheilung verfolgt. Wenn er die kleinen und harten Nerven von den Armmuskeln mit den groſsen Nerven der Augen vergleicht, ſo ſcheinen ihm die unwillkührlichen Muskeln faſt mehr Markſubſtanz, als die der Willkühr unterworſenen zu enthalten. Bei der Iſolirtheit und Unabhängigkeit, welche jene in der thieriſchen Maſchine behaupten, würde eine ſolche Vertheilung ſchon a priori vorher zu ſagen geweſen ſeyn, und die Anhäuſung von Medullarſubſtanz in den cöliaciſchen Knoten, ſpricht für jene Behauptung. Wenn es groſse Phyſiologen nicht für unwahrſcheinlich halten, daſs jeder Bewegungsnerve bei ſeiner (ſogenannten) Inſertion in den Muskel ſich, nach Art des Opticus in der Retina, in zahlloſe Bündelchen ſpaltet und ſeine ſenſibeln Fäden zwiſchen die reizbaren des Muskels verflicht, ſollten die Cardiaci nicht eben ſo ihre weiche Maſſe **) zwiſchen

*) Vergl. ſchon Walter in *Memoires de l'Académie de Berlin* 1785. *p*. 58.

**) Ich fragte in meiner chemiſchen Pflanzenphyſiologie (*Flora Fribergenſis ſubterranea* p. 153.) „Warum muſs „die Materie, von der die Empfänglichkeit abhängt, „in weiſsen Fäden zuſammen gehäuft ſeyn? Ich höre „Niemand zweifeln, daſs Würmer, denen man die Ner-„ven abſpricht, wirklich fühlen. Muſs denn aber, wenn „Würmer und Pflanzen ein Nervenfluidum führen, daſ-„ſelbe in eignen Canälen eingeſchloſſen ſeyn?" Dieſe Idee führt Herr Scarpa in den Tabulis nevrologicis (1794.) ganz ähnlich aus, indem er ſagt: „Solche

die Muskelfasern des Herzens ergiefsen? Wenn daher die zuleitenden Stücke Muskelfleisch die Fläche des Herzens berühren; so ist es höchst wahrscheinlich, dafs sie mit einem Faden des Herzgeflechtes selbst in Contact stehen.

Gesetzt aber auch in der ganzen Muskelsubstanz des Herzens, sey nur ein einziger Nervenfaden und dieser liege fern von den zuleitenden Körpern oder (falls die Metalle das Herz unmittelbar armiren) fern von diesem ab, so mufs, den vorhin entwickelten Gesetzen des Galvanismus gemäfs, der Erfolg doch derselbe seyn, als er sich bei dem unmittelbaren Contacte jenes Nervenfadens zeigen würde. Die Muskelfasern sowohl als die Knorpelfäden (textus cartilagineus) des Herzens sind nicht blofs als feuchte Stoffe, sondern schon wegen ihrer eigenthümlichen chemischen Mischung leitende Substanzen. Der vorliegende Fall reducirt sich also blofs auf die oben erwähnten von mittelbarer Armirung. (Vergl. Fig. 51. und 68.). Auch die sensibeln Wirkungskreise mögen hiebei (wie bei dem Problem über die Empfindlichkeit aller Puncte der Oberhaut) eine wichtige Rolle spielen. Denn bei mehreren einfächerigen Fischherzen habe ich bemerkt, dafs der

„Thiere, die reizbar sind, ohne Nerven zu haben, sind „entweder nicht genau genug untersucht, oder sie schei„nen eine gewisse Nervensubstanz, welche aber nicht Ner„venfaden bildet, sondern in die feinsten Theile des Kör„pers verwebt ist, zu besitzen." Diese Vorstellungsart verdient gewifs die Aufmerksamkeit derer, welche sich mit Zootomie und Physiologia comparata beschäftigen.

Metallreiz heftiger wirkte, wenn die zuleitenden Subſtanzen an dem Urſprunge der groſsen Gefäſse, als wenn ſie an der Spitze des Herzens anlagen.

Zehnter Abſchnitt.

Urſachen der galvaniſchen Erſcheinungen. — Zu welchen Erwartungen die Unterſuchung derſelben berechtigt. — Elektriſche Flaſchentheorie der Bologner Schule. — Valli. — Ob die erregbaren Organe ſich bloſs leidend, für einen äuſsern Reiz empfänglich verhalten. — Eigenthümliche elektriſche Ladung der Metalle. — Volta's ſinnreiche Theorie über das, durch die Berührung von drei Stoffen geſtöhrte Gleichgewicht der Elektricität. — Erfahrungen, welche dieſe Theorie widerlegen. — Beweis, daſs der Stimulus in den Organen ſelbſt enthalten iſt, weil dieſe für ſich galvaniſche Erſcheinungen äuſsern. — Stuffenfolge der Bedingungen, unter denen ſich der Metallreiz bei abnehmender Reizempfänglichkeit noch wirkſam zeigt. — Des Verfaſſers Theorie von einem, in den Organen angehäuften Fluidum und deſſen Verſtärkung durch Hinderniſs. — Verſuch, alle Erklärungen auf conſtruirbare Begriffe zu reduciren. — Die neue Theorie ſchlieſst die Mitwirkung anderer Urſachen, z. B. den Einfluſs der eigenthümlichen Ladung der Metalle, ihrer Temperatur, die Zerſetzung von Flüſſigkeiten, nicht aus. — Ob die Annahme eines überſtrömenden Fluidums unbedingt nothwendig ſey. — Rückblick auf den Zuſtand unſrer atomiſtiſchen Naturlehre. — Verſuch einer rein dynamiſchen Erklärung. — Wie die unphiloſophiſche Annahme ſpecifik verſchiedener Materien unſchädlich und bei der jetzigen Lage der Wiſſenſchaften fruchtbar wird. — Sind galvaniſches und elektriſches Fluidum identiſch? — Neue Verſuche gegen die Identität. —

Ist das galvanische Fluidum eine Modification des elektrischen? — Zergliederung dieser Frage. — Uebersicht dessen, was wir von der chemischen Zusammensetzung der Elektricität wissen. — Es ist gar nicht erwiesen, dass die sogenannten elektrischen Fische elektrische Erscheinungen geben. — Verhältniss der magnetischen Kraft zu den sensiblen Organen. — Vielleicht verhalten sich galvanisches, elektrisches und magnetisches Fluidum, wie Blut, Milch und Pflanzensäfte gegen einander. — Welche Rolle die Feuchtigkeit, durch Verdampfung und Zersetzung, spielen kann. — Wirkung des Oxygens. — Zweifel gegen Herrn Creve's Erklärungen. — Besondere Wirkungen des Zinks. — Neue Versuche über die Wasserzersetzung bei Berührung heterogener Metalle. — Atmosphären der belebten Organe. — Muthmassungen darüber.

In den vorstehenden neun Abschnitten dieses physiologischen Werkes habe ich die Erscheinungen des Galvanismus in ihrem ganzen Umfange geschildert. Ich bin von den einfachern Bedingungen, unter denen sie eintreten, zu den zusammengesetzteren übergegangen. Ich habe mich bemüht, nicht bloss die inneren Verhältnisse der galvanischen Kette zu untersuchen, sondern auch die Wirkungen des Metallreizes auf die ganze organische (oder erregbare) Schöpfung zu betrachten. Wenn ich auch gleich dabei Gelegenheit fand, mannichfaltige chemische, zootomische und physiologische Bemerkungen einzustreuen, so habe ich mich dennoch sorgfältig gehütet, bis hieher eine Vermuthung über die Ursachen des Galvanismus und über die Rolle, welche bekannte Naturkräfte vielleicht dabei spielen, zu äussern. Ich habe mir vielmehr die

Pflicht aufgelegt, alle Thatfachen, welche fich unmittelbar auf den Metallreiz beziehen, fo ifolirt als möglich darzuftellen, theils um zu zeigen, wie weit diefer neue Zweig unferer Erkenntnifs bereits ausgebildet ift, theils um dem Urtheile des Lefers nicht durch erregbare Nebenideen vorzugreifen. Sollte daher diefs Werk das Glück haben, (und welcher Experimentator fchmeichelt fich nicht mit diefer Belohnung?) dafs es auf eine künftige Generation überginge, fo wird jene Zufammenftellung reiner Thatfachen auch dann noch einiges Intereffe erwecken, wenn Phyfik und Chemie bereits eine ganz andere Geftalt angenommen haben.

Jetzt ift es Zeit, die grofsen Erfcheinungen des Galvanismus in ihren Verhältniffen zu andern Naturkräften zu betrachten. Wenn der Geognoft die einzelnen Richtungen der Gebirgsketten und Thäler, die Schichtungen des Gefteins und feine Beftandtheile mühfam erforfcht hat, tritt er auf eine Anhöhe, um von da aus den Zufammenhang des Ganzen beffer zu faffen und über feine Bildung nachzudenken. Eben fo müffen auch wir uns jetzt auf einen höhern Standpunct erheben, um fo vielfache Erfahrungen unter einen Gefichtspunct zu faffen, und Einheit des Gefetzes zu fuchen, wo alles fich dem Gefetze zu entziehen fcheint. Da wir eine gröfsere Maffe von Thatfachen vor uns haben, als diejenigen achtungswerthen Männer, welche bisher über die Urfachen des Metallreizes fpeculirten, fo dürfen wir zwar hoffen, auf einem ficherern Wege fortzufchreiten. Doch müffen wir nicht vergeffen, dafs die fogenannten Ge-

ſetze der empiriſchen Naturlehre auf einer Induction beruhen, von deren Vollſtändigkeit wir, da es an einem Criterium *) derſelben fehlt, nie apodiktiſch überzeugt ſeyn können. Unſere Bemühungen mögen daher unſere Erfahrungserkenntniſs auf noch ſo mannichfaltige Weiſe berichtigen und erweitern, ſo werden ſie dennoch nie zu den unerſchütterlichen Reſultaten führen, welche nur in Erfahrungswiſſenſchaften zu erwarten ſind.

Bevor man ſich an die Unterſuchung eines Problems wagt, iſt es nothwendig, das Problem ſelbſt genau zu beſtimmen. — Geſetze, wie ſie der fünfte Abſchnitt entwickelt, zählen die Bedingungen auf, unter denen eine Erſcheinung erfolgt, oder nicht erfolgt. Sie ſind allerdings die wichtigſten Grundpfeiler empiriſcher Wiſſenſchaften, ſie ſind faſt das einzige gewiſſe Ziel, wonach Chemie, Phyſik, oder Phyſiologie der organiſchen Stoffe hinſtreben können, aber ſie geben nicht das Verhältniſs an, aus welchem die Möglichkeit der Erſcheinung, d. i. ihr urſachlicher Zuſammenhang erkannt werden kann. Wir verlangen nicht bloſs zu wiſſen, ob galvaniſche Contractionen in Ketten von homogenen, oder heterogenen, von verdampfenden oder nicht verdampfenden Metallen eintreten, ſondern wir wollen das Gemeinſame aller dieſer Bedingungen heraus gehoben haben; wir wollen dargethan ſehen, warum zwiſchen zwei homogenen Metallen ein heterogenes gleich unwirkſam iſt, es mag ganz trocken, oder auf bei-

*) Newtonis *Philoſophiae naturalis principia lib. III.*

beiden Flächen benetzt seyn. Wir wollen also hier nicht auf Gesetze, sondern auf Ursachen der Erscheinungen geführt werden, die freilich ihrer Natur nach wieder Erscheinungen sind!

Diese Prüfung der Ursachen des Galvanismus, hat das Aehnliche mit allen Arbeiten der Art, dass sie mehr zur Bestreitung älterer Theorien, als zur Gründung einer neuen und sicheren hinleitet. Man werfe einen Blick auf die physikalischen Disciplinen, wie sie Herr Gehler in ihrem ganzen Umfange geschildert hat, und man erstaunt darüber, das Phänomen des Regenbogens, weil es auf construirbaren Begriffen beruht, allein vollständig erklärt zu sehen. Dennoch ist seit 2000 Jahren kein Versuch beschrieben worden, über den nicht zahlreiche Hypothesen aufgestellt sind; ja man hat selbst Erscheinungen erklärt, welche nie erfolgt und aus Muthwillen erdichtet wurden. Je inniger das Verkehr ist, in welchem dieselben mit den Wirkungen des Organismus und der Lebenskraft selbst stehen, desto undurchdringlicher ist das Dunkel, in welches die Ursachen gehüllt sind, desto freier aber auch der Spielraum, welcher dem Erfindungstriebe der Phantasie geöffnet wird. Kein Wunder daher, wenn der erste Beobachter, welcher einen Froschschenkel durch Anlegung von Metallen zucken sah, sogleich eine Theorie entwarf, welche der zweite Versuch widerlegte!

Das galvanische Phänomen ist ein Phänomen der Reizung. Gewisse Stoffe, in kettenförmige, oder anderweitige Verbindung mit erregbaren Organen ge-

bracht, veranlaſſen dieſe, aus dem Zuſtande der Ruhe in den der Thätigkeit überzugehen. Sie veranlaſſen die Muskelfaſer ſich zu verkürzen, die Nerven des Geſichts und Geſchmacks, die ihnen eigenthümlichen Empfindungen hervor zu bringen; ſie veranlaſſen die Gefäſse Säfte von verſchiedenartiger Miſchung zu bereiten und abzuſondern. Wo iſt der Reiz, Irritamentum, der alle dieſe Veränderungen hervorruft? Wird ein fremder reizender Stoff von auſsen her den Organen beigemiſcht? Wird aus ihnen ſelbſt einer ihrer Beſtandtheile abgeleitet und dadurch ihr Miſchungszuſtand modificiret? Oder bleibt ihre chemiſche Verbindung dieſelbe, und geht eine Veränderung der Form, und relativen Lage, durch mechaniſche Schwingung und Erſchütterung vor? Spielt eine uns ſchon bekannte Naturkraft, das elektriſche, oder magnetiſche Fluidum, der Lichtſtoff, das Oxygen, das Azote, oder der Wärmeſtoff, oder mehrere derſelben zugleich, oder einige durch den Einfluſs der Lebenskraft anders modificirte (verlarvte) Naturkräfte eine Rolle dabey? Dieſe und zahlloſe andere Fragen drängen ſich dem Beobachter galvaniſcher Erſcheinungen auf. Je unerkannter und räthſelhafter die Urſachen derſelben ſind, deſto gröſser iſt der Reiz, mit welchem ſie unſere Aufmerkſamkeit auf ſich ziehen und unſere Erwartungen ſpannen.

Faſt zwei Jahrzehende früher, als der groſse Phyſiologe zu Bologna die erſten Spuren des Metallreizes an ſeinem Gartengeländer beobachtete, hatte ein Mann, den Deutſchland unter ſeine vortrefflichſten Mathematiker zählet, gleichſam die Entdeckun-

gen geweiſſaget, welche gegenwärtig die Naturforſcher der beiden Hemiſphären *) beſchäftigen. Die mannigfaltigen Aeuſserungen natürlicher Elektricität, welche man an den thieriſchen Körpern beobachtet, leiteten Herrn Klügel **) auf die Idee, daſs in den Nerven und Muskelfaſern wohl entgegen geſetzte Elektricitäten angehäuft ſeyn möchten und daſs durch Verbindungen derſelben die Muskelbewegung hervor gebracht werden möchte. Eben dieſen Begriff der Entladung abſtrahirte Galvani aus ſeinen erſten Nervenverſuchen. Sein Scharfblick lieſs ihn allerdings gleich ſehen, daſs wenn die Contractionen von einem durch ungleiche Vertheilung reizenden Fluidum abhängen, dieſs Fluidum in den erregbaren Organen ſelbſt angehäuft ſeyn muſs. Aber der Entdecker war zu voreilig in Beſtimmung jener örtlichen Vertheilung. Er griff ſchnell zu der Analogie der Kleiſtiſchen Flaſche, wieſs der äuſsern Seite der Muskelfläche und den Nervenſcheiden negative, der inneren und der Medullarſubſtanz der Nerven poſi-

*) Wirklich ſind zu Calcutta galvaniſche Verſuche an bengaliſchen Amphibien angeſtellet worden. Da einige Thiere der heiſsen Zone eine ſo ungeheure Muskel- und Nervenkraft beſitzen, ſo läſst ſich von jenem Unternehmen manches Nützliche erwarten. Wird z. B. bei der Muskelbewegung ein eigenes Fluidum abgeſondert, ſo iſt daſſelbe bei jenen Thieren unſtreitig leichter, als bei ſchwächern wahrzunehmen. Ich erinnere nur an den Verſuch des Herrn Kühn mit der Batterie von 20 Fröſchen, deſſen ich im erſten Abſchnitt erwähnt habe.

**) Gren's Journal der Phyſik H. 18. S. 408. Klügel's Encyclop. Th. I. S. 482. Ingenhouſs Vermiſchte Schriften B. I. S. 29.

tive Elektricität an, und betrachtete die Muskelfasern als an einander gereihte Leidner Flaschen.

Einem Genie, dem seine Zeitgenossen eine so grosse Entdeckung verdanken, verzeiht man gerne ein solches theoretisches Luftgebäude. Ist der Weg zu einer Hypothese einmal gebahnt, so ist es bequem und anlockend auf demselben fortzuwandeln. Man ebnet ihn, nennt ihn den einzig geraden und richtigen, setzt Straf- und Warntafeln für die, welche ihn verlassen wollen, und entgeht durch allmählige Krümmungen den Hindernissen, die ihn abzuschneiden scheinen — So beruhigte man sich bis zu Galilaei's Zeiten bei dem Abscheu vor der Leere; so beruhigte man sich bis Herr Volta auftrat, mit der galvanischen Flaschentheorie. Kaum hatte dieser aber eine neue Bahn empfohlen, so boten die Bologner Physiker ihren ganzen Scharfsinn auf, um der ihrigen den Vorzug zu erhalten. Herr Aldini stellte eine lange Reihe der feinsten Versuche an, um die Analogie zwischen dem geladenen Muskel und der geladenen Flasche zu beweisen *). Schade nur, dass man, wie bei ähnlichen Versuchen so oft der Fall ist, bei den verwickelten Bedingungen stehen bleibt, statt die einfachen Grundpfeiler der neuen Theorie zu untersuchen.

Ich werde mich nicht dabei aufhalten, die Meinungen der Bologner Schule aufs neue zu entwikkeln. Herr Pfaff hat diess schon längst mit der ihm eignen Klarheit gethan und der Entwickelung eine

*) *De animali electricitate Diss. II.* 1794. *p.* 35—40.

gründliche Widerlegung beigefügt *). Auch beſtreiten ſchon die älteſten bekannten Verſuche jene Flaſchentheorie vollkommen. Gedenkt man aber der neuern, welche ich angeſtellt, z. B. der Fig. 9—12. ſo wird der Widerſpruch noch auffallender. Ein Nerv mit ſeiner Scheide verſehen, ruht auf einer Armatur von Zink; unter dem Theil des Nerven, wo die Trennung geſchehen iſt und die Medullarſubſtanz heraus quillt, liegt iſolirendes Glas, ſo daſs der Zink ſchlechterdings nur die eine äuſsere Fläche der ſenſiblen Fiber berührt. Ein anderes homogenes, oder heterogenes Metall *N.* tritt mit jener Armatur *M.* irgendwo, ſey es auch 8 Zoll weit vom Crural-Nerven ab, in Contact, ſo zucket der Schenkel, ohne daſs *N.* ſich auch nur von ferne dem Nerven, oder Muskel genähert hätte. Wo iſt bei dieſem einfachen Falle eine Zuleitung von der äuſseren und inneren Fläche? Wurde die Flaſche nicht entladen, indem der Crural-Nerv auf die Armatur *M.* gelegt ward? Wie wirkte das Metall *N.* auf die Entladung? In meinem Verſuche Fig. 51. iſt der Nerve mittelbar (durch Zuleitung) armirt. Die Contraction tritt ein, wenn bloſs der zuführende Stoff, nicht aber das erregbare Organ berührt wird. Wie kann die galvaniſche Hypotheſe dieſe Erſcheinung enträthſeln! Strömt aus der äuſsern und innern Fläche der Nerven $+E$ und $-E$ in den leitenden Stoff *S* über, ſo muſs ja dort ſchon

*) a. a. O. S. 329—339. Vergl. auch Volta's zweiten Brief an Herrn Vaſſali, der den genialiſchen Mann lebhaft charakteriſirt. Gehler's Wörterbuch B. V. S. 290.

von selbst die Entladung geschehen? Wie kann also der silberne Bogen *p* als Entlader wirken, da er die Organe selbst nirgends berührt?

Die Idee, daſs Muskeln und Nerven gleichsam Leidner Flaschen vorstellen, schien durch Hunters merkwürdige Zergliederung *) des Zitteraals aus Cayenne begünstigt und Aerzte von Ansehen, wie Beddoes und Darwin **) führten sie weiter aus. Der letztere suchte die Verkürzung einer Muskelfaser sogar durch einen analogen elektrischen Versuch zu erläutern. „Zwanzig sehr kleine Leidner Fla„schen hängen in einer Reihe an feinen seidenen Fä„den in einer kleinen Entfernung von einander. Die „innere Ladung der einen Flasche sey positiv und die „andere negativ, wechselsweise. Wenn nun eine „Communication gemacht wird von der innern Ober„fläche der ersten nach der äuſsern Oberfläche der „letzten in der Reihe, so werden sie sich alle einan„der nähern, und so die Linie in der sie hängen, wie „eine Muskelfaser verkürzen." So sinnreich auch dieſs Experiment ausgedacht ist, so geringe Analogie

*) *An account of the gymnotus electricus* in den *Phil. Transactions Vol.* 65. *P.* 2. *p.* 395.

**) *Medical extracts Vol. II. p.* 118 — 126. (Um Verwechslungen zu vermeiden, hole ich den vollständigen Titel dieser Schrift hier nach: *Medical extracts, being a concentrated view of some late discoveries in Chimistry an the new theory and practice of physic, thereby introduced by a friend to improvements. Vol. I. London* 94. *Vol. II. on the nature of health with practical observations and the laws of the nervous and fibrous systems.* 95.) *Darwin Botanic Garden Cant. I. p.* 202. *Zoonomie Th. I. S.* 105.

zeigt es mit dem einfachen Muskelbau. Kürzer wäre es ja noch, sich alle Muskelfasern im Augenblicke der Turgescenz als positiv elektrisch, oder also nach einem Durchmesser sich abstosend, nach einem anderen sich nähernd, zu denken. Aber sind die irritablen Fasern denn wirklich parallellaufende, sich nicht berührende Cylinder? Haben nicht Leeuwenhoek und Prochasca gezeigt, dass die sogenannten einfachen Muskelfaden des Herzens, der Harnblase, und des Schlundes ästig und in einander verwebt sind? Läuft nicht Zellstoff nach allen Richtungen queer durch die Längenfasern durch? Ist die ganze Muskelsubstanz, besonders bei Kindern, nicht einem feuchten Gallerte gleich? Wo ist also hier Vertheilung ungleichartiger Elektricitäten denkbar, wo fast jedes Element von einem leitenden Stoffe umgeben ist? Eben diese Schwierigkeit findet sich bei dem Nerven von dem ein Theil der Substanz + *E*, ein anderer — *E* leiten soll, eine Meinung, welche der, des grosen Mainzer Zergliederers *) nahe kommt, nach welcher einer Portion Fäden die Spannkraft, einer andern das Empfindungsvermögen zugeschrieben wird. Besteht das Innere eines Nervenbündels nicht ebenfalls aus anastomosirenden Strängen und erfolgt die Reizung des Muskels nicht, wenn man jenen Nervenbündel, der Länge nach, in die feinsten Fäden zerfasert und einen dieser Fäden armirt? Sollte man bei dieser endlosen Theilung immer noch zwei heterogene Fasern zugleich

*) Sömmering's Hirnlehre 1791. S. 151.

faſſen, von denen die eine poſitiv, die andere negativ geladen iſt?

Wir verlaſſen demnach dieſe Flaſchentheorie, welche wohl eben ſo bald vergeſſen ſeyn möchte, als die mühſamen Berechnungen, welche Sauvages im Eſſai ſur la fievre über die Schnelligkeit der Lebensgeiſter angeſtellt hat. Galvani's Name wird dieſer Vergeſſenheit von ſelbſt entgehen. Ein kommendes Jahrhundert wird ſeine Entdeckungen benutzen, und wie ſich Herr Brandes ausdrückt *) „erkennen, daſs ihm und Harvey die „Phyſiologie in gleichem Maaſse die Grundpfeiler „ihres Gebäudes verdankt." Auch übergehe ich Valli's Theorien der thieriſchen Bewegungen, von welchen die frühere der galvaniſchen Hypotheſe ſehr analog, die letztere aber ſo verworren iſt, daſs ſie beinahe durch jeden Verſuch über den Metallreiz widerlegt wird **).

In dieſen Vorſtellungsarten hatte man den wirkſamen Stimulus immer in den erregbaren Organen ſelbſt geſucht. Wie, dachten andere Phyſiker, wenn dieſe Organe nur eine bloſs leidende Rolle dabei ſpielten, wenn der Reiz von den Metallen ſelbſt herrührte und der Nerv ſich dabei bloſs als elektroſkopiſche Subſtanz zeigte. In Deutſchland äuſſerte dieſe Idee zuerſt Herr Reil ***) und ſie ſchien

*) Verſuch über die Lebenskraft. Hannover 1795. S. 82.

**) Vergl. Pfaff a. a. O. S. 339—343.

***) Gren's Journal der Phyſik B. 6. S. 402 und 411. Reil et Gautier *de Irritabilitate* 93. *p.* 133.

allerdings der damaligen geringen Anzahl von Erfahrungen, die man vor sich hatte, sehr angemessen zu seyn. Der älteste galvanische Versuch *), in dem ein Froschschenkel zuckte, wenn ein Metall seinen Nerven in der Nähe einer ausströmenden Elektrisirmaschine berührte, zeigte die grosse Empfindlichkeit der sensiblen Fiber für das elektrische Fluidum. Herr Reil machte ähnliche Erfahrungen an Menschen, welche sich einen Conductor auf das Armgelenk aufsetzten. Volta sah einen Muskel lebhaft erschüttert werden, wenn er ihm eine so schwache Ladung gab, dass sie kaum $\frac{1}{40}$ des kleinsten am Bennetschen Elektrometer bemerkbaren Grades ausmachte. Ja! wie gering ist der Antheil von Luftelektricität, welche bei fernem Gewitter nervenkranken Personen oft Angst und Leibweh verursacht? Die Herren Reil und Gren glaubten, dass durch Reibung der Metalle Elektricität frei gemacht und in die Nerven geleitet werden könnte. Die ältern Hemmerschen Versuche scheinen überdiess die Möglichkeit dieser Entbindung zu bestätigen **), und mehrere Physiologen fingen an, sie für die gemeinsame Ursache galvanischer Erscheinungen zu halten.

Bei den Fortschritten, welche wir dermalen in der Experimentalphysiologie gemacht haben, dürfen wir uns aber mit dieser Vorstellungsart schlechterdings nicht befriedigen. Herr Reil, welcher sie ehemals in Schutz nahm, hat sie selbst wiederum aufgegeben und dadurch gezeigt, wie sehr es ihm um

*) Gehler's Wörterbuch Th. V. S. 270.

**) Rozier *Journal de Physique* 1780. *Juillet*.

Thatsachen und nicht um Meinungen zu thun ist. Wahr ist es allerdings, dafs Metalle, auch wenn sie nicht gerieben werden, sich immerfort in einem Zustande schwacher Ladung befinden.

Herr Bennet hat interessante Erfahrungen hierüber mit seinem Duplicator gesammelt. Auch war diese Ladung wohl a priori zu vermuthen. So wie alle in das Luftmeer eingetauchte Substanzen, nach ihrer verschiedenen Capacität für den Wärmestoff eine verschiedene Menge desselben binden und einen ungleichen Ueberflufs frei auf ihrer Oberfläche zurück lassen, so müssen Siegellack, Metalle und Holz (idioelektrische Stoffe, Leiter und Halbleiter) bei der elektrischen Ebbe und Fluth des Dunstkreises, ebenfalls nach dem Grade ihrer Capacität mehr, oder weniger freien elektrischen Stoff in sich anhäufen. War der freie Wärmestoff ein Gegenstand des Thermoskops, so mufs das ungebundene elektrische Fluidum eben so das Elektroskop afficiren, oder in die Condensatoren und Duplicatoren übergehen. Aus eben diesem Zustande schwacher Ladung erklärt Herr Hube sehr scharfsinnig auch das schon von Gersten und du Fay *) beobachtete Factum, dafs der Thau von Metallplatten und belegten Glastafeln abgestofsen, von unbelegten angezogen wird. Herr Lampadius **)

*) Hube über die Ausdünstung und ihre Wirkung in der Atmosphäre 1790. Cap. 35. Gersten *Tentamen Systematis novi ad mutat. barometri ex natura elateris aërii demonstrat.* 1733. Du Fay *sur la Rosée* in den *Memoires de l'Academie de Paris pour l'an* 1763. *p.* 342.

**) Lampadius Versuche über die Elektricität

welchem die Meteorologie lehrreiche Versuche verdankt, hat zwar diese Erklärung bestritten, weil nach seiner Erfahrung der Stanniol auch unbethaut blieb, wenn er im Grase und also im Contact mit der Erde lag. Er glaubt, dass das Metall, da es in leitender Verbindung stand, seine Elektricität nicht hätte erhalten und also auch keine elektrische Repulsionskraft hätte ausüben können. Wenn aber auch alle in das Luftmeer eingesenkte Stoffe ein unaufhörliches Bestreben äussern, sich in ein Gleichgewicht freier Wärme und freier Elektricität zu setzen, so folgt daraus doch wohl nicht, dass bei den ewigen Hindernissen, welche die localen Veränderungen des Dunstkreises jenem Bestreben entgegen setzen, dass, sage ich, in jedem Augenblicke jenes Gleichgewicht wirklich erreicht sey. Die Fluthen des Oceans suchen ebenfalls eine wagrechte Oberfläche und den

und Wärme der Atmosphäre 1793. S. 64. Die Aehnlichkeit, welche zwischen gefrornen Fensterscheiben und den Lichtenbergischen Figuren auf dem Elektrophor statt findet, liess mich vermuthen, dass hiebei Elektricität im Spiele sei. Ich liess deshalb bei meinem Aufenthalte in Freiberg Glasscheiben mit Stanniol belegen, fand aber immer gleiche baumförmige und strahlende Figuren auf den belegten und unbelegten Scheiben. Auch durch Dämpfe von verschiedenen Säuren und alkalischen Stoffen, Vitrioläther und andere, welche anfroren, konnte ich die Formen nicht ändern. Herr Geheimerath von Göthe, der mit allen Theilen der Naturkunde so innigst vertraut ist, theilte mir die sinnreiche Bemerkung mit, wie bei den metallischen Krystallisationen, z. B. bei den Braunstein-Dendriten auf dichtem Kalksteine, die Zweige benachbarter Büschel sich selten berühren, sondern wie ein leerer Raum zwischen ihnen bleibt, der wahrscheinlich die Folge einer bei dem Anschuss wirksamen abstossenden Kraft ist.

noch schlagen sie ewig Wellen wie die Oberfläche des Luftmeers. Es ist keinem Zweifel unterworfen, daſs ein isolirtes Metall nicht mehr ± *E* aus dem Dunstkreise aufnimmt, als isolirtes Holz. Berühren sich beide Stoffe, so sucht das ± *E* sich allerdings unter beide gleich zu vertheilen. Bleibt aber das Metall, welchem von seinem gröſseren Ueberschuſse entzogen wird, von eben dem unerschöpflichen elektrischen Dunstkreise umgeben, so nimmt es, vermöge seiner gröſseren Affinität zu dem elektrischen Stoffe, denselben aus der Luft wieder auf, indem es ihn dem Halbleiter abgiebt. Es bleibt also in jedem Momente in einem Zustande des Empfangens und Vertheilens und es scheint mir sehr wahrscheinlich, daſs eine Stannioltafel wenn sie auch unmittelbar auf der leitenden Erde aufliegt, dennoch stärker geladen, als jene Erde ist. Eben so wird, wenn ich mich auf die Analogie*) des Wärmestoffs stützen darf, eine Stange Eisen, welche mit ihrem einen Ende in siedendem Wasser liegt, diesem zwar immerfort Wärmestoff zuleiten, aber dennoch eine höhere Temperatur als alle umgebende Stoffe behalten. So gewiſs es also auch ist, daſs Metalle immerfort in einem Zustande stärkerer Ladung, als andere Stoffe sich befinden, so wenig läſst sich hieraus die galvanische Erscheinung erklären. In

*) Wirklich ist über den Wärmestoff ein ganz ähnlicher Streit zur Sprache gekommen. Man sehe meine Vertheidigung des Berghauptmanns Wild gegen den Recensenten des *Essai sur la montagne salifère du gouvernement d'Aigle*, in der allg. Litter. Zeitung (Bergmännisches Journal 1792. B. 2. S. 123.) Herr Wild hat sich nachher selbst fast mit denselben theoretischen Gründen gegen Herrn Langsdorf gerechtfertigt.

dem Monthly Review*) heifst es freilich: „as Mr. Bennet has shewn by his doubler, that metals are „conſtantly in a ſtate of ſpontaneous electricity, we „impute to this the effects of the Galvanisme and we „conclude, that extraneous electricity is the ſole agent „concerned, who acts by ſtimulating the nervs, which „are thus made to perform their office and to „throw the muſcular fibres into action.“ Durch dieſen Ausſpruch haben ſich mehrere Phyſiker **) verleiten laſſen, den Organen bei dem Metallreize eine bloſse paſſive Stelle als elektroſkopiſchen Stoffen, zuzuſchreiben. Nähere Unterſuchung der Thatſachen widerlegt aber dieſen Irrthum. Ich habe im zweiten Abſchnitte (vergl. die Fig. 2. 3. 4. 5. 7.) gezeigt, daſs im Zuſtande höherer Reizempfänglichkeit Contractionen ohne alle Mitwirkung von Metallen und Kohlenſtoffhaltigen Subſtanzen erfolgen. Ich beuge den Schenkelmuskel eines Thiers gegen den entblöſsten ſympathiſchen Nerven, mit dem er noch organiſch verbunden iſt, und die ganze Maſchine wird convulſiviſch erſchüttert. Wo iſt hiebei die elektriſche Ladung und Entladung der Metalle im Spiel? Geſetzt aber auch, die Gegenwart derſelben wäre eine nothwendige Bedingung galvaniſcher Erſcheinungen, ge-

*) Auguſt 1793. p. 422. Pfaff S. 326.

**) Z. B. neuerlichſt Herr Yelin in ſeinem ſehr nützlichen Lehrbuch der Naturlehre 1796. B. 1. S. 410. §. 555. Aldini ſagt ſehr richtig: „Si enim a ſola metallorum „electricitate omnes ſunt contractiones, quam deformata „illa eſt animalis electricitatis ſpecies, quae cum primum „in animantium dominari corporibus crederetur, metallo„rum nunc mutuatae electricitati non ſine magno dede„core famularetur.“ *De animali electricitate, Diſſ. I.* §. 1.

setzt auch sie erlitten bei dem Versuche selbst eine beträchtliche Reibung *), so lehren doch Cavallo's directe Erfahrungen, dass das grosse Problem sich keineswegs an die bekannten Wirkungen der Elektricität anreihen lässt. Dieser scharfsinnige Physiker **) bestimmte mit vieler Sorgfalt den kleinsten Grad der Ladung, durch welche noch Muskelbewegungen erregt werden können. Wenn man ein Elektrometer so schwach elektrisirt, dass seine Kugeln $\frac{1}{20}$ eines Zolles divergiren, und diese geringe Menge von Elektricität auf ein Metall von 200 mal grösserer Oberfläche, als die leitenden Theile des Elektrometers waren, vertheilt; so ist diess Metall zu schwach geladen, um fibröse Contractionen hervor zu bringen. Dennoch ist die Elektricität, welche geriebene Metalle äussern, noch weit geringer, ja in vielen Fällen so unmerklich, dass sie allen Verdopplern und Condensatoren entgeht. Die äussere, aus dem Metalle ausströmende Elektricität kann also nicht Ursach der problematischen Erscheinung seyn. Ich habe selbst mehrmals (bei reizbaren Fröschen) Glasröhren mit Flanell gerieben, und sie augenblicklich darauf an die Nervenarmatur gehalten. Ich sah nie die geringste Bewegung entstehen, wenn gleich das Bennetsche Elektrometer noch 8 Minuten nachher Reste der Ladung in der Glasröhre andeutete.

*) Diese Reibung, oder unmittelbare Berührung harter Kettenglieder ist aber zur Erregunng von Contractionen gar nicht erforderlich. S. den Anfang des siebenten Abschnittes.

**) *Cavallo's complete treatise on electricity, Vol. 3. containing the discoveries made since the third edition* 1795 p. 330.

Anlockender und mehr umfassend, als alle bisher genannte Vorstellungsarten, ist die von Alessandro Volta aufgestellte Theorie vom gestörten Gleichgewichte der Elektricität. Von dem Genie ihres Erfinders, seinem philosophischen Beobachtungsgeiste, seiner bewundernswürdigen Fertigkeit im Experimentiren war solch ein Werk zu erwarten. Eine Hypothese, welche die vielen ältern Erscheinungen unter einen Gesichtspunct fasst und erklärt, verdient ausgezeichnete Achtung; eine Hypothese aber, welche auch spätere Entdeckungen mit gleicher Leichtigkeit enträthselt, erweckt gerechtes Erstaunen. Es ist mir eine angenehme Pflicht, dieselbe hier in ihrer einfachen Gröfse darzustellen, nicht nur weil sie bisher in deutschen Schriften sehr unvollständig *) und verworren vorgetragen worden ist, sondern auch, weil ich lange Zeit selbst von ihrer Untrüglichkeit überzeugt war. Meine neuern Beobachtungen zwingen mich, als Gegner des Herrn Volta aufzutreten. Ich werde mich dabei der Bescheidendenheit des Ausdrucks bedienen, welche mir gegen ihn geziemt und ich setze ein so gränzenloses Vertrauen in den Charakter dieses Mannes, dem die Wahrheit über alles theuer ist, dafs ich mir die Besorgnifs nicht erlaube, durch jenen Widerspruch seine Zuneigung zu mir gemindert zu sehen.

Gleich nachdem Galvani im Jahr 1791 seinen berühmten Commentar über den Muskelreiz herausgab, äufserte Herr Volta die Idee, dafs das ganze

*) Pfaff S. 344. 349 — 370. Gehler's Wörterbuch B. 5. S. 290 und 1044. Gren's Journal B. 7. S. 315.

räthſelhafte Phänomen auf einer ungleichen Vertheilung des elektriſchen Fluidums beruhe. Seine Unterſuchung der Galvaniſchen Kettenglieder und ihrer relativen Lage gegen einander, von der allein das Gelingen oder Nichtgelingen des Experiments abhängt, (ſ. oben den ſechſten Abſchnitt) beſtätigte ihn darin. Demnach geſtand *) er im Jahr 1793, nach genauerer Prüfung aller Thatſachen mehrere zu finden, welche ſich auf eine von auſsen hinzu geleitete Elektricität nicht reduciren lieſsen und auf ein eigenthümliches unbekanntes, in der ſenſibeln Fiber angehäuftes Fluidum hin zu deuten ſchienen. „So eingeſchränkt, ſagt er ausdrücklich, „auch die Zahl jener Thatſachen iſt, ſo „wird ſie mir doch überzeugend und beweiſet für „eine thieriſche Elektricität.“ Bald darauf im Jahre 1794 glaubte er auch dieſe Annahmen in eine allgemeine Regel bringen zu können. Die feinen Verſuche, deren er in dem zweiten Briefe an Herrn Vaſſali gedenkt, und andere, welche ich während meines Aufenthalts in Italien im neuen Journal der Phyſik **) beſchrieben, überzeugten ihn von der Unumſtöſslichkeit ſeiner Theorie, und alle Ausſichten, die Lehre von den Nervenwirkungen durch die Phänomene des Galvanismus bereichert zu ſehen, ſchienen plötzlich zu verſchwinden.

Der Hauptſatz der Voltaiſchen Theorie iſt bisher ſo ausgedrückt worden, als würde das $\pm E$ aus den feuchten Organen durch die anliegenden Metalle ver-

*) *Philoſ. Transactions for the year* 1793. *P.* 1. *n.* 1. *p.* 42.

**) B. 2. H. 4. (1795) S. 472.

verdrängt und zurück gestoſsen. Wer kann mit dieſen Worten einen bestimmten Begriff verknüpfen? Ich theile Herrn Volta's Vorstellungsart so mit, als ich sie aus einem noch ungedruckten an Sir Joseph Banks gerichteten Italiänischen Briefe (welchen er mir zu Como vorlas und mündlich erläuterte) aufgefaſst habe. — Alle feste und flüssige Stoffe unseres Erdkörpers haben nach Verschiedenheit ihrer Ziehkraft zur Elektricität mehr, oder weniger davon eingesogen. Sie sind daher alle in einem Zustande schwacher, aber ungleicher Ladung. Wenn sie sich berühren, streben sie sich einander ins Gleichgewicht zu setzen, aber vor der Berührung ist das $\pm E$ in dem einen mehr, in dem andern weniger angehäuft. Die feuchten andern Stoffe (Leiter der zweiten Classe) strömen weniger E aus, als die Metalle (Leiter der ersten Classe) auch unter den heterogenen Metallen ist ein Unterschied der Stärke, doch wird derselbe mehr in Vergleichung mit den Körpern der zweiten Classe bemerkbar. Die Ladungen der Metalle sind, wenn man sie mit sich selbst vergleicht, fast gleich, wenigstens wird ihre Differenz, wo sie im Contact stehen, in der Theorie nicht beachtet. Wenn nur zwei Stoffe, einer der ersten und einer der zweiten Classe einander berühren, so kann keine freie Circulation des elektrischen Fluidums Statt finden.

Wenn (Fig. 69.) der feuchte thierische Stoff *a* an dem homogenen Metalle *b* anliegt, so strömt *a* aus beiden Enden $\pm E$ mit einer Kraft $= 2$ und *b* aus beiden Enden mit einer Kraft $= 5$ aus. Demnach ist

kein Grund vorhanden, warum der Strom mehr ſo hin —> als ſo hin <— ſich richten ſollte. Bei *r* und *s* iſt Gleichgewicht der Kräfte. Bei Berührung von mehr als zwei Stoffen der erſten und zweiten Claſſe wird das elektriſche Fluidum gezwungen nach einer Seite zu circuliren. Stehen Fig. 70. drei Subſtanzen, Zink *b*, Silber *c* und ein feuchter Körper *a*, in kettenförmigem Contacte unter einander und ſtrömt das Silber mit einer Kraft = 3, der Zink = 5, und *a* = 2 aus, ſo wird der elektriſche Strohm von *a* nach *b* durch *c* hin, alſo ſo —> herum durchbrechen. Denn die beiden Metalle bei *t* halten ſich (ohngefähr) das Gleichgewicht und ihre Differenz wird = 0 betrachtet, dem feuchten Körper ſtehen aber ungleiche Potenzen entgegen. Bei *v* wirkt das Silber mit einer Kraft = 3, bei *x* der Zink mit einer Kraft = 5. Alſo muſs das circulirende Fluidum gegen *a*, *v*, *c*, *t* hin ſeinen Weg nehmen. Hätten wir empfindliche Elektrometer genug, um den ſchwächſten augenblicklichen Durchgang der *E* anzuzeigen, ſo würde uns der ſinnliche Augenſchein überführen, daſs eine ſolche, durch geſtöhrtes Gleichgewicht hervorgebrachte elektriſche Strömung Statt findet, wenn man einen naſſen Schwamm mit heterogenen Metallen armirt, die unter einander im Contacte ſtehen. Aber unſre Werkzeuge ſind zu grob um in der todten Materie ſolche Veränderungen anzudeuten. Die beliebte thieriſche Faſer iſt das einzige feine Elektroſkop, welches uns davon belehrt, liegt daher ein ſenſibles Organ, z. B. ein Froſchſchenkel, an der Stelle von *a*, ſo muſs es

durch das Durchſtrömen der *E* zu einer Muskelbewegung gereizt werden.

Aus dieſen einfachen Sätzen erklärt Herr Volta die relative Folge der Kettenglieder, welche zur Erweckung galvaniſcher Erſcheinungen erforderlich iſt. Wenn ein Froſch, deſſen obere und untere Extremitäten nur noch durch die ſympathiſchen Nerven zuſammen hangen und in zwei Waſſergläſer eingetaucht ſind, durch einen homogenen ſilbernen Bogen gereizt wird, ſo bleibt die ganze Maſchine in Ruhe. Es iſt der Fall Fig. 69. Die Kräfte bei *r* und *s* ſtehen im Gleichgewichte. Wird (Fig. 71.) das eine Ende des Bogens *b*, mit Seife *c*, beſtrichen, ſo erfolgt augenblicklich Bewegung. Die Seife ſtöhrt das Gleichgewicht, da ſie eine Ladung hat, welche von der des Froſchkörpers verſchieden iſt. Der Kraft = 3, welche aus *b* ausſtrömt, ſteht nemlich auf einer Seite eine Kraft = 2, auf der andern eine = 1 entgegen. Folglich muſs der Strom durch *c* und *a* nach *b* hin durchbrechen. Werden hingegen beide Enden *b* mit Seife *c* und *d* (Fig. 72.) beſtrichen, ſo verkündigt die Theorie ſelbſt die Ruhe vorher, welche das Experiment wirklich beſtätigt. Denn bei *b* und *d*, *b* und *c*, *a* und *d*, und *a* und *c*, iſt ein vollkommenes Gleichgewicht der Kräfte. Es iſt in Fig. 72, ſo wenig als in Fig. 69. ein Grund vorhanden, warum die *E* mehr durch *d* und *a* nach *c*, als durch *c* und *a* nach *d* circuliren ſollte. Mit eben der Leichtigkeit iſt der Erfolg meines Hauchverſuchs (Nerv. *P. p. H. P.*) auf dieſe Hypotheſe zu reduciren. In der Kette Fig. 73. druckt *a* das ſenſible Organ, *b* und *b* Zink, *c* Silber

aus. Die Contraction erfolgt nicht eher, als bis die eine Fläche des einzigen heterogenen Metalls *c* mit einer verdampfenden Feuchtigkeit *d* benezt iſt. Warum? weil ohne *d* alle Stoffe von gleichen Kräften balancirt ſind und erſt bei *d*, ein ungleicher Widerſtand eintritt. Der Zink *b* ſetzt demſelben eine Kraft = 5, das Silber eine = 3 entgegen, alſo muſs der elektriſche Strom von *b* aus durch *d*, *c* und *b*, nach *a* hin durchbrechen. Werden beide Flächen benetzt (Fig. 74.) ſo iſt augenblicklich das allgemeine Gleichgewicht wieder hergeſtellt. Denn nun ſteht dem Strohm aus *b* durch *d*, ein gleicher aus *e* entgegen. Auch hatte ich wirklich, ehe ich noch mit der Voltaiſchen Vorſtellungsart bekannt war, die Formel $\underbrace{\text{Nerv. } P.\ H.\ p.\ H.\ P.}$ bei minder lebhaften Individuen durch die Erfahrung bereits negativ befunden.

So ſinnreich aber auch dieſe Theorie vom geſtöhrten Gleichgewichte der *E* unter mehr als drei Stoffen an ſich iſt, ſo leicht ſie ſich auch auf viele von andern Phyſikern bekannt gemachte Erfahrungen anwenden läſst, ſo wird ſie dennoch durch eine nicht minder groſse Anzahl von neueren Verſuchen, welche ich ſeit zwei Jahren angeſtellt habe, vollkommen widerlegt. Alle theoretiſchen Sätze unſerer Phyſik und Chemie beruhen auf Induction, oder analogiſchen Schlüſſen. Sind die Thatſachen nicht vollſtändig geſammelt, ſo iſt die Theorie ſelbſt noch ſchwankend und eine einzige neue Erfahrung kann, wenn die Einfachheit der Bedingungen vor dem Irthume bewahrt, das ganze theoretiſche Lehrgebäude ſtürzen.

Ich könnte zuerst beweisen, daſs wenn ein Fluidum in der galvanischen Kette circulirt, es von dem elektrischen wesentlich verschieden seyn müsse, da es von ganz anderen Stoffen als dieses isolirt wird. Dieser Einwendung würde aber dadurch entgegnet, daſs man jene Identität selbst aufgäbe, und sich bloſs auf die nicht zu läugnende groſse Analogie beider Stoffe beriefe. Ich übergehe daher hier die Thatsachen, welche sich auf die Natur des galvanischen Fluidums beziehen, und behalte mir vor, sie am Ende des Abschnitts einzeln vorzutragen. In unbezweifeltem Widerspruche mit der Voltaischen Theorie stehen dagegen folgende Thatsachen:

1) Die Entdeckung, welche ich am 20ten Nov. 1794. gemacht (S. den dritten Abschnitt Fig. 9. 10. 11. 12. und 13. 14.) beweiset, daſs galvanische Erscheinungen auch ohne alle kettenförmige Verbindung der wirkenden Stoffe eintreten. Wenn das Metall *M* den Nerven armirt und *M* selbst, (oder ein, mit ihm in leitendem Zusammenhange stehender, entfernter Körper) von einem andern Metalle *N* berührt wird, so wird der Nerv gereizt.

Bei sehr lebhaften Individuen äuſsert sich der Effect dieses Reizes durch sichtbare Muskelbewegung, bei minder erregbaren entgeht die Veränderung, welche die Organe erleiden, unserer Wahrnehmung. Sind z.B. (Fig. 13.) die beiden Froschschenkel *a* und *b*, von ungleicher Reizempfänglichkeit, so wird nur der erregbarere zucken, wenn *M* von *N* berührt wird. Wo ist hiebei (und besonders nach dem zusammengesetzten Gegenversuche (Fig. 12. *a*.) eine Circulation

des elektriſchen Fluidums, wie ſie jene Theorie annimmt, denkbar?

2) Eben dieſe Theorie widerſtreitet nach Fig. 69. die Möglichkeit einer Contraction bei Berührung von zwei Stoffen. Ich erinnere an meine Verſuche mit homogenen Metallen, die im 3ten Abſchnitte umſtändlich entwickelt ſind. Die ſenſible und irritable Fiber (Fig. 16.) treten mit einer homogenen metalliſchen Flüſſigkeit in Contact, und es erfolgt die lebhafteſte Erſchütterung. Ich erinnere an den einfachen Fall Fig. 4. Man ſchneide, bei lebhaften Individuen, ein Stück *x* vom Cruralnerven ab und ſchiebe daſſelbe mittels einer Glasröhre an ſeinen Cruralnerven und den Muskel, in welchen er inſerirt iſt, an. Bei der Berührung entſteht ſogleich die Contraction des Schenkels. Hier ſind ſchlechterdings nur zwei heterogene Stoffe, Nerv und Muskel, im Spiele. Eben ſo in Fig. 2, wo *x*, *y* und *z*, alle drei Stücke homogenen Muskelfleiſches ſind. Ja! ich habe gezeigt, daſs galvaniſche Erſcheinungen erfolgen ohne alle Mitwirkung getrennter Stoffe, bloſs indem man den rothen, gar nicht tendinöſen Lendenmuskel eines Froſches gegen den Iſchiadnerven zurückbeugt. Hier beſteht die Kette aus bloſs organiſch verbundenen Theilen mit dem Iſchiadnerven und dem Lendenmuskel, zu dem er herab läuft.

3) Aber ſelbſt noch gewöhnlichere leicht nachzuahmende Verſuche widerlegen die Hypotheſe vom geſtöhrten Gleichgewichte der Elektricität. Die Formel Nerv. *P. H. p.* iſt, zum Beiſpiel, bei den meiſten, nur nicht ganz matten Thieren poſitiv. Wenig-

ſtens treten die Contractionen ſogleich ein, wenn man den Nerv mit oxygenirter Kochſalzſäure zu höherer Reizempfänglichkeit erhebt, oder erregbare Organe an die Stelle der unerregbaren legt. Eben dieſe Formel ſollte aber nach Herrn Volta's Theorie einen negativen Erfolg zeigen. Wenn in Fig. 1. (wie ich die Verſuche, der Einfachheit der Bedingungen wegen, mehrmals angeſtellt) *a* ein abgeſchnittenes Stück des Cruralnerven und der ſilberne Conductor in Berührung mit dem Cruralnerven ſelbſt iſt, ſo wird der Strom zu beiden Seiten von gleichen Kräften balancirt. Man werfe einen Blick auf Fig. 75. wo *e* den inſerirten Cruralnerven *a*, das getrennte Stück davon und *b* und *d* die Excitatoren bedeuten, und man überſieht mit einem Blicke, daſs die Wirbel-Hypotheſe einen Zuſtand der Ruhe gebietet, in welchen die Natur ſich nicht einzwängen läſst.

4) Eben ſo ſteht der Verſuch mit der doppelten Hauchbelegung im Widerſpruche mit jener Hypotheſe. Bei ſehr erregbaren Organen erfolgt eine Contraction, das heterogene Metall, welches zwiſchen zwei homogenen liegt, mag auf einer, oder auf beiden Flächen mit verdampfenden Flüſſigkeiten benetzt ſeyn. (ſ. oben im fünften Abſchnitt n. 10. Fig. 23.) Dieſer gleichmäſsige Erfolg bei ſo verſchiedener Dispoſition der Kettenglieder wäre aber unmöglich, wenn die Lehre vom Uebergewichte der ſtreitenden Ströme gegründet iſt. Man vergleiche die Conſtructionen in Fig. 73 und 74.

So glänzend demnach auch die Ausſichten waren, welche eine Erklärungsart gewährte, die faſt alles auf

eine Vernunfterkenntnifs durch Conftruction der Begriffe zu reduciren fchien, fo fehen wir uns dennoch genöthigt, diefelbe aufzugeben, da fie mit der jetzigen Mafse neuerer Erfahrungen keineswegs übereinftimmt. Die Naturwiffenfchaft ift, fo reich an halben Erklärungen, dafs es Gewinn genug ift, ihre Zahl zu vermindern. Was wird den Fortfchritten derfelben hinderlicher feyn, was legt dem Unterfuchungsgeifte ftärkere Feffeln an, als der einfchläfernde Wahn, vollendet zu haben, wo noch nicht die Hälfte des Wegs zurück gelegt ift?

Bei den Erklärungen phyfifcher Erfcheinungen kann man fich ein dreifaches Ziel des Beftrebens vorfetzen, von denen das eine entfernter, als das andere liegt. Der letzte Zweck jeder wiffenfchaftlichen Naturlehre ift der, die Begriffe von beftimmten Naturdingen zu conftruiren, oder ihre innere Möglichkeit durch Anwendung der Mathematik anfchaulich zu machen. Diefen Zweck hat Newton nur in Erklärung des Regenbogens, in der Lehre von der Gravitation der Himmelskörper, Sage und Prevoft in der Lehre vom Magnetismus, Mayer in der vom Wärmeftoffe, Coulomb einigermaafsen in der Theorie der elektrifchen Materie erreicht. Unendlich wenig Phänomene der äufseren Sinnenwelt find aber einer folchen Anwendung fähig und bei den meiften mufs man fich begnügen, fie auf allgemeine Erfahrungsgefetze, die weder ein Bewufstfeyn ihrer Nothwendigkeit bei fich führen, noch eine Darftellung a priori in der Anfchauung erlauben, fyftematifch zu reduciren. Auf diefem Puncte ftehen wir

z. B. in der Lehre von Zerfetzung der Stoffe durch wechfelfeitige Verwandfchaft, von Bildung der Säuren und Verkalkung der Metalle. Erft, wenn es gelingen follte, chemifche Wirkungen der Materie auf conftruirbare Begriffe zurück zu führen und dynamifch zu vollenden, was der tieffinnige Verfaffer der Chymie mécanique atomiftifch begonnen hat, dann erft dürfen wir hoffen, auch jene Lehren unter einen höhern Gefichtspunct ftellen zu können, und fie zu dem Grade apodiktifcher Gewifsheit zu erheben, zu welcher die Theorie der Gravitation feit einem Jahrhunderte gelangt ift. Bis dahin bleiben wir bei empirifchen Gefetzen ftehen, „die einige „Unzufriedenheit*) zurücklaffen, weil man von ihnen „keine Gründe a priori anzuführen im Stande ift."

Leider können wir bei den meiften Gegenftänden unferer naturhiftorifchen, oder phyfikalifchen Erkenntnifs auch nicht einmal bis zu diefen Gefetzen hinauffteigen. Die Urfachen der Luftelektricität, des Steigens und Fallens des Barometers, die der Erdbeben und vulcanifchen Explofionen find nicht mit der Vollftändigkeit darzuftellen, als fich die Gründe anführen laffen, warum ein Gemenge von Mittelfalzen fich gegenfeitig zerlegt. Bei jenen fo verwickelten Erfcheinungen können wir nicht auf eine Übereinftimmung mit allen anderen Erfcheinungen der Sinnenwelt, auf eine Einficht in den einfachen Mechanismus treibender Kräfte rechnen, wir müffen uns begnügen, wenn wir einige neuere

*) Metaphyf. Anfangsgründe der Naturwiffenfchaft, 1787. Vorrede.

Erfahrungen an einige frühere anpaſſen, wenn wir den cauſalen Zuſammenhang einiger Wirkungen einſehen, anderes ahnden lernen; ja wir müſſen, falls wir einmal eine ſcheinbar gültige allgemeine Erklärungsformel aufgefunden zu haben glauben, nie zu beobachten nachlaſſen, da die beſondere Naturwiſſenſchaft keine abſolute Vollſtändigkeit der Objecte kennt, und da in der unendlichen Mannigfaltigkeit von Anſchauungen, welche jede Erſcheinung darbietet, noch manche enthalten ſeyn kann, welche jene Erklärungsformel umſtöſst. Finden wir uns bis jetzt in den meteorologiſchen Speculationen genöthigt, auf Vereinfachung der Begriffe und vollſtändige Erklärungen Verzicht zu thun, ſo dürfen wir mit noch minder geſpannten Erwartungen uns dem Schauplatze organiſcher Kräfte nähern. Wir treten hier nicht nur in eine Sphäre, in der die feinſten, faſt jeder Wahrnehmung entgehenden Stoffe die gröſsten Wirkungen hervorbringen, in der es überall an älteren genauern Beobachtungen fehlt, an welche die neuen anzuknüpfen wären; ſondern wir ſehen auch in der eben ſo permanenten, als unbegreiflichen Einwirkung des Immateriellen auf die Körperwelt eine neue Schwierigkeit ſich erheben. Jahrhunderte werden vergehen, ehe die Phyſiologie belebter Geſchöpfe ſich auch nur des Lichtes wird freuen können, in welchem uns die Kräfte der todten Materie längſt ſchon erſchienen.

Ich habe meiner Widerlegung der Voltaſchen Theorie dieſe Betrachtungen folgen laſſen, um durch

dieselben den Gesichtspunct festzustellen, aus welchem ich die letzte Hälfte dieses Abschnitts beurtheilt wissen möchte. Ich stehe im Begriff mich selbst an die Erklärung des Metallreizes und seiner Wirkung auf die Muskelfaser zu wagen. Ich masse es mir nicht an, so verwickelte und zugleich auch so einfache *) Erscheinungen auf ein Princip zurück führen zu wollen, welches die Lehre vom gestöhrten Gleichgewichte der Elektricität ersetzen könnte, sondern ich begnüge mich dieselben mit andern Erfahrungen aus der Sinnenwelt zu vergleichen, auf ihre Übereinstimmung aufmerksam zu machen, und überhaupt den Weg zu zeigen, auf welchem (bei der jetzigen Lage unsrer Naturerkenntniss) der Gewinn einer vollständigen Erklärung künftig zu erwarten seyn möchte. Philosophische Naturforscher, welche zu unterscheiden wissen, was in einer rationalen, oder (auf Mathematik gegründeten) empirischen Naturlehre, und was in bloss systematischen Künsten, wie Chemie und Physiologie sind, zu erwarten steht, werden diesen bescheidneren Gang meiner Untersuchung nicht missbilligen. Es ist unschädlicher, selbst erweisbare Sätze als Vermuthungen darzustellen, als diese in das Gewand von jenen einzukleiden.

Das auffallendste und wichtigste, welches aus meinen Versuchen (S. den zweyten Abschnitt) zu folgen scheint, ist der Schluss, dass der Stimulus in dem Galvanischen Phaenomene, in den erregbaren Organen selbst liegt, und dass

*) Man vergleiche den Hauchversuch und den Fall Fig. 9.

die Metalle sowohl, als andere Stoffe, welche bisweilen als Glieder der Galvanischen Kette auftreten, eine bloſse secondäre Rolle dabei spielen. Im Zustande erhöhter Reizempfänglichkeit erfolgen Contractionen, wenn Muskel und Nerv, (die noch organisch mit einander verbunden sind,) ohne Darzwischenkunft eines dritten Körpers, sich leise berühren.*) Metalle, oder Kohlenstoffhaltige Substanzen sind nur dann nothwendige Bedingungen der Erscheinungen, wenn die Erregbarkeit der Organe bereits gemindert ist. Sie scheinen daher den Stimulus zu verstärken, nicht aber ihn wesentlich zu begründen. Die verschiedene Beschaffenheit der Gasarten, welche die thierischen Theile berühren, wirken nur auf die Incitabilität derselben. Das galvanische Experiment selbst gelingt im kohlensauren Gas, wie im Sauerstoffgas, im luftdünnen Raume, wie im luftvollen. (S. den achten Abschnitt.) Nur beim Oele habe ich bemerkt, daſs die Zuckungen länger dauern, wenn die Organe unter seiner Oberfläche, als wenn sie im Waſser, oder in freier Luft liegen. Hierbei finde ich den merkwürdigen Umstand, daſs es nur auf die Lage der Organe selbst, keinesweges aber auf andere Glieder der Kette ankömmt. Die lange Dauer der Contractionen ist gleich auffallend, die Metalle mögen gröſstentheils auſserhalb dem Oele, oder gänzlich in daſselbe ver-

*) Dieser Versuch widerspricht selbst der Pfaffischen Theorie, nach welcher der Stimulus zwar in den Metallen liegt, aber diesem erst durch die belebte reagirende thierische Materie entlockt werden kann. Pfaff. a. a. O. S. 384.

fenkt feyn. Scheint daraus nicht zu folgen, dafs, falls hier Elektricität, oder wenigftens ein derfelben verwandter Stoff im Spiele ift, dafs diefer, fage ich, im Zuftande der Ruhe in den Nerven und Muskeln felbft angehäuft bleibt, und nur im Augenblicke der Reizung in Umtrieb gefetzt wird. Strömte derfelbe immer fort (wie die Voltafche Theorie angiebt) durch die Metalle durch, fo würde die Ifolirung der letztern eben fo nöthig, als die der Organe felbft feyn.

Was aus dem Nerven ausgeht, fcheint reizend auf ihn zu wirken, wenn es in denselben zurückkehrt. Das ift der allgemeinfte Ausdruck galvanifcher Bedingungen, ein Ausdruck, welcher den einfachen Fall, wo man den Lendenmuskel gegen den Ifchiadnerven zurückbeugt, eben fo gut, als den zufammengefetzten Fig. 33. unter fich begreift. Wie, und wodurch diefe Circulation erregt wird, halte ich für ein Problem, an deffen vollftändige Auflöfung fich nur der wagen kann, der nicht die Mannigfaltigkeit der galvanifchen Verfuche kennt, der nicht die Tafel vor Augen hat, welche ich im fünften Abfchnitte geliefert habe. Für einzelne Fälle ift es leicht durch Annahme pofitiver und negativer Fluiden, oder durch das aufgehobene Gleichgewicht in der Vertheilung eines einzelnen, Erklärungsformeln zu finden. Das Experiment ohne Kette (Fig. 9—14.) z. B. fcheint, wie mich ein grofser Phyfiolog erinnert, begreiflich, wenn man nicht (wie in der Voltafchen Theorie) eine circulirende, fondern eine ofcilli-

rende, alſo ebenfalls in ſich rückkehrende Bewegung, annimmt. Man ſetze die Energie des Nerven = 6, die des Zinks = 16. Im Augenblicke des Contacts wird ihre Capacität ſich ändern, der Nerv wird von dem Zinke etwas empfangen, und das Gleichgewicht wird hergeſtellt ſeyn, wenn beide Stoffe die Kraft = 22 unter ſich vertheilen. Wird nun der Zink mit Holz, oder einer anderer iſolirende Subſtanz berührt, ſo entzieht ihm dieſe nichts, und die Anhäufung bleibt dieſelbe. Kaum aber tritt ein anderes Metall *N* mit *M* (Fig. 9.) in Contact, ſo wird daſſelbe entweder etwas an *M* abgeben, oder demſelben von ſeiner Kraft rauben. *N* ſtöhrt alſo das Gleichgewicht von *M* und *P*. Die Summe ihrer Ladung wird nicht mehr = 22 bleiben, und dieſs Zu- oder Ausſtrömen in oder aus dem Nerven wird als Stimulus auf ihn wirken.

Dieſe Erklärung paſst aber nicht einmal auf den Fall, für den ſie erſonnen iſt. Bringt eine Veränderung der Capacität, oder vielmehr eine Vermehrung und Verminderung der, im Nerven angehäuſten Kraft *y* eine Muskelcontraction hervor, ſo frägt es ſich, warum dieſelbe nicht ſchon erfolgt, indem der Zink *M* zum erſtenmal die Organe berührt? warum die zweyte Stöhrung durch den Contact von *M* und *N* erſt wirkſam iſt? Wenn *M* und *N* beides Zinkſtangen ſind (wie in meinen Verſuchen bisweilen der Fall war) ſo muſs die Anhäufung des unbekannten Stoffes *y*, durch das, vom Nerven ſo heterogene *M* doch wohl mehr als durch das, mit *M* homogene, *N* geſtöhrt werden! Ja man nehme ſelbſt an, da hier nicht

mit gereinigtem Queckſilber experimentirt *) wird, daſs zwei Zinkſtangen in Miſchung, Geſtalt und Temperatur verſchieden ſind, ſo wäre es doch ſehr kühn, *M* und *N* heterogener als *M* und den Nerven zu halten. Wo endlich bleibt der Begriff der Stöhrung, im Fall Fig. 3. wo der Leiter *a*, von dem Cruralnerven ſelbſt abgelöſt iſt? Ich berühre *t* mit einem Metalle, der Schenkel bleibt in Ruhe. Dieſe Ruhe verſchwindet, ſo bald *s* an *t* und *s* geſchoben wird. Die Ableitung durch ein Metall ſollte doch wohl wirkſamer ſeyn, als die Veränderung, welche ein mit *t* homogener thieriſcher Theil im Contacte mit andern thieriſchen Theilen hervorbringen kann?

Partielle Contractionen laſſen ſich auch aus den Begriffen von entgegengeſetzten Fluiden hernehmen. Man denke ſich einen Nerven, der von der Muskelfaſer durch eine dünne iſolirende Schicht getrennt iſt. Hat derſelbe eine poſitive Ladung, ſo wird er, durch Vertheilung, in dem Muskel, welcher in ſeinem Wirkungskreiſe liegt — *E* erwekken. Contraction, oder fibröſe Erſchütterung kann nur erfolgen, wenn entweder die Willenskraft ſo viel + *E* aus dem Hirne in den Nerven ableitet, bis die iſolirende Schicht durchbrochen wird und die Exploſion, wie in einer überladenen Kleiſtiſchen Fla-

*) Mit Queckſilber hat der Verſuch ohne Kette noch nie geglückt. Wenn (F. 16.) bloſs der Nerv *m* eingetaucht war, ſo erfolgte nie eine Contraction, wenn neues Queckſilber zum alten gegoſſen ward. Sollte man einmal auf ſo erregbare Thiere ſtoſsen, daſs ſie auch dadurch gereizt würden, ſo ſteht zu vermuthen, daſs der bloſse Contact von *m* und *r* auch wirken würde.

ſche von ſelbſt erfolgt, oder wenn durch eine leitende Subſtanz x (Fig. 4.) das + E des Nerven mit dem — E des Muskels verbunden wird. Nach dieſer Vorſtellungsart wird das — E durch das + E erzeugt, nach dieſer bedarf es nur der Annahme einer E, nicht zweier, wie in der Theorie der Bologner Phyſiker. Aber die Verſuche Fig. 9-14 und die ältern, wo bloſs Nerven in zweien Puncten armirt werden (Fig. 8. r) ſtürzen leider! das neue Lehrgebäude über den Haufen. Nimmt man an, in den ſenſiblen und irritablen Organen ſey nur + oder — E angehäuft, das + E werde aber durch den Uebergang von einem thieriſchen Theile in ein Metall und von dieſem in ein heterogenes Metall in — E verwandelt, ſo erklärt ſich der gewöhnliche Verſuch Fig. 8. ſehr faſslich. Vom Nerven geht + E aus, im Zink wird es in — E, im Silber in + E und im Muskel in — E verwandelt. Es kehrt demnach als — E in die Organe zurück und erregt mit dem dort angehäuften + E eine Exploſion. Iſt r ſelbſt Zink, wie bei homogenen Armaturen, ſo erfolgt Ruhe. Denn das aus t ausſtrömende — E bleibt — E bei dem Uebergange in s und wird + E im Muskel. Es kehrt alſo gleichnamig in den Schenkel zurück. Ich habe lange in dem Wahne geſtanden, in dieſer Erklärungsformel etwas wahres aufgefunden zu haben. Fortgeſetzte Verſuche haben mich aber von meinem Irthume überzeugt. Ich erinnere bloſs an den Verſuch Fig. 1. der poſitiv iſt, der ſilberne Bogen mag unmittelbar das Muskelfleiſch a berühren, oder es mag ſie abermals ein Zinkplättchen

tren-

trennen, d. h. wenn ich die Reihen in Zeichen ausdrücke:

Nerv. *P. H. p.*

oder

Nerv. *P. H. P. p.*

Nach obiger Hypothese können aber beide Arten der Verkettung nicht gleiche Resultate geben. In der erstern folgt

$+ . - . + . - . + .$

in der letzteren

$+ . - . + . - . + . -$

auf einander. Hier also sind ungleichnamige, dort gleichnamige Elektricitäten.

Auffallend ist es, wie man in dem jetzigen Jahrzehend geneigt ist, alle physische Erscheinungen auf den Begriff der Polarität, oder entgegengesetzter Stoffe zu reduciren. Die neue Theorie vom männlichen und weiblichen Brennstoff ist ganz auf eine solche Reduction gegründet, und Herr Voigt*) erklärt den Galvanischen Versuch durch eine Paarung der männlichen und weiblichen Elektricität. Schade, dass wir uns bei solchen Vorstellungsarten auf eine Analogie beziehen, die ein nicht minder unerklärtes Factum involvirt! Wir wissen, dass $+ E$ durch Vertheilung $- E$ erregt; wir wissen, dass ein schwarzes seidenes Band, gegen ein weisses gerieben, von diesem angezogen wird;

*) Versuch einer neuen Theorie des Feuers und der Verbrennung 1793. S. 361. eine Schrift, die wegen einiger wichtigen neuen Versuche, die sie enthält, weniger vernachlässiget zu werden verdiente.

durch welche chemiſche Modification aber ſich die poſitiv-elektriſche Materie von der negativen unterſcheidet, davon ahnden wir heute nicht mehr, als man zu Du Fay's und Watſon's Zeiten ahnden durfte. Der Grund, warum man dennoch in der Theorie von der Elektricität, von dem Magnetismus und ſelbſt in der Phyſiologie, ſo gern auf Begriffe der Polarität zurück geht, ſcheint mir in dem dunklen Streben zu liegen, qualitative Verhältniſſe auf quantitative zu reduciren, oder Mathematik auf chemiſche Wirkungen anzuwenden. Herr Lichtenberg hat durch Einführung der Zeichen $\pm E$ und $\pm M$ dieſe Anwendung glücklich zu Stande gebracht. Die verwickelten elektriſchen und magnetiſchen Aufgaben vereinfachen ſich jetzt, wie analytiſche Formeln, aber man vergiſst bei der Arbeit, daſs man mit unbekannten Gröſsen (x und y) zu thun hat!

Einige meiner Verſuche z. B. der Fig. 51. und 47. ſcheinen ſelbſt der Vorſtellung eines circulirenden Fluidums gänzlich zu widerſprechen. Dieſer Widerſpruch iſt aber (wie mich neuere Erfahrungen gelehrt) nur ſcheinbar. In Fig. 51. liegt n allerdings auſserhalb der Kette mps. Es fragt ſich alſo, wie ein in derſelben in Umlauf geſetzter Stoff ſeine Wirkung auf den Nerven ausdehnen könne? Ich habe in dieſer Hinſicht vergleichende elektriſche Verſuche angeſtellt und finde auch bei dieſen, wo die Circulation des $\pm E$ unbezweifelt iſt, Wirkungen auſserhalb der leitenden Kette. Die Hand empfindet freilich keinen Schlag, wenn ſie den Eiſendrath, welcher die äuſsere und innere Fläche der Kleiſtiſchen gela-

denen Flasche verbindet, irgendwo, mittels eines Metallstabes, berührt. Man nehme aber das feinste Elektroskop, welches wir kennen, (und welches nur ein wesentliches, wenn gleich oft zu ersetzendes Stück eines elektrischen Apparats zu seyn scheint) einen wohl präparirten Froschnerven, und lege diesen (Fig. 76.) dergestalt in die leitende Kette, dass der Theil *ab* selbst ein Kettenglied ausmacht, *bcd* aber sammt dem Schenkel ausserhalb dem Strome liegt. Man zerschneide darauf den Cruralnerven in *c* und entferne die beiden Enden *c* und *d* eine Linie weit von einander. So oft nun die *E* sich durch Entladung der Flasche ins Gleichgewicht setzt, erfolgt die Muskularcontraction des Schenkels. Ich habe diesen Versuch, der mir neu und nicht uninteressant zu seyn scheint, auch so wiederholt, dass das Nervenstück *ab* nicht selbst in der Kette lag, sondern (Fig. 77.) mit einem Metallstäbchen, *p*, in Berührung stand. Der Erfolg blieb derselbe. Wenn man beide Fälle Fig. 76. und 77. unpartheiisch prüft, so überzeugt man sich, dass hier nicht die Wirkung reizender Atmosphären eintritt, sondern dass sich die elektrische Erschütterung auch noch auf *p* und *abc* ausdehnt. So wie also in Fig. 77. der Nerv *a* aus dem Metalle *p* Elektricität empfängt, eben so kann auch Fig. 76. aus dem Nervenende *c* Elektricität nach *d* hin, ausströmen. Die Anwendung beider Erfahrungen auf Fig. 51. ist von selbst klar und bedarf keiner weitern Ausführung.

Ist im Zustande erhohter Erregbarkeit der Organe die einfache Berührung des Muskels und Nervens zur Hervorbringung galvanischer Erscheinun-

gen hinlänglich, so entsteht die Frage, warum ist bei minderer Erregbarkeit die Zuleitung durch metallische Stoffe nothwendig, wie wirken diese letztern bei Verstärkung des Reizes? Wir bemerken bestimmte Grade, eine bestimmte Stufenfolge der Bedingungen, unter denen sich der Metallreiz bei sehr lebhaften, minder erregbaren und trägen Individuen wirksam zeigt. Wenn ich das, was ich an mehrern hundert Thieren beobachtet, auf ein einzelnes zurückführen darf, so würden den verschiedenen Epochen der Reizempfänglichkeit etwa folgende Verkettungen respondiren. Die Contraction erfolgt im erstern Grade: ohne Kette, Fig. 9—14; im zweiten Grade: indem sich die mit Muskelfleisch bewickelte Pincette dem Nerven aus der Ferne nahet, Fig. 65; im dritten Grade: indem man organisch verbundene Theile unmittelbar in Berührung setzt; im vierten Grade: bei Zuleitung durch thierische Theile, Fig. 2—5; im fünften Grade: durch ganz homogene Metalle, oder Kohlenstoffhaltige Substanzen, Fig. 16—17; im sechsten Grade: durch heterogene Metalle, welche sich nicht unmittelbar berühren, Fig. 1; im siebenten Grade: durch homogene Metalle, zwischen welchen ein heterogenes liegt, welches auf beiden Flächen mit verdampfenden Flüssigkeiten belegt ist; im achten Grade: durch eine Kette, mit welcher das sensible Organ nur mittelbar und nicht als Glied in Verbindung steht, Fig. 51; im neunten Grade: durch heterogene Metalle welche sich unmittelbar berühren, Fig. 8; im zehnten Grade: durch homogene Metalle und ein heterogenes, wel-

ches auf einer Fläche mit verdampfenden Stoffen belegt ist (Hauchversuch); im eilften Grade: durch auf einander Schlagen der heterogenen Metalle; im zwölften Grade: durch Verbindung der Nervenarmatur und des Muskels, nicht der Nervenarmatur und der Nerven; im dreizehnten Grade: wenn erst der Muskel und dann die Nervenarmatur berührt wird, d. h. wenn die Kette sich vom Muskel aus schliefst; im vierzehnten Grade: wenn das Nervenstück zwischen der Armatur und dem Muskel frei durch die Luft geht, und nicht der Muskel selbst an dem Metalle anliegt; im funfzehnten Grade: wenn man den matten Nerven auf seiner Armatur ausspannt, oder ihn in die Länge dehnt; im sechszehnten Grade: wenn der Schenkel aufgeschnitten und von dem silbernen Leiter ein entblöfster Nerv selbst berührt wird.

Wer sich viel mit den Erscheinungen des Galvanismus beschäftiget hat, wird, wie ich mir schmeichle, die Wahrheit jener Schilderung nicht verkennen. In den ersten vier Graden mag ich gefehlt haben. Künftige Beobachter werden vielleicht den zweiten zum ersten und diesen zum dritten machen. Die Natur der Versuche liefs hier bisher keine gröfsere Bestimmtheit zu. Wer aber ein Thier behandelt, welches auf dem vierten, oder fünften Grade der Reizempfänglichkeit steht, wird dasselbe in mehreren Stunden, mit abnehmender Lebenskraft die ganze beschriebene Scale durchlaufen sehen. Er wird sich davon überzeugen, wenn er zuletzt die Metalle erschütternd berühren, den Schenkelmuskel von der

Nervenarmatur entfernen, den Leiter auf den Muskel zuerst auffetzen und endlich den Nerven anspannen muſs, um den matten Organen noch eine schwache Contraction abzugewinnen.

Auf die chemische Natur der Excitatoren habe ich in jener Tafel gar keine Rücksicht genommen, weil dieselbe von andern Physikern weitläuftig genug entwickelt ist, und mir die hier geschilderten Verhältnisse weniger beobachtet und doch ungleich interessanter schienen. Soll je das grosse Problem des Galvanismus vollkommen gelöset werden, so muſs diese Auflösung zugleich den Grund enthalten, warum die Bedingungen der letztern Grade einen wirksamern Reiz, als die der ersten hervor bringen. Liegt nun, wie ich erwiesen zu haben glaube, der wirksame Stimulus in den erregbaren Organen selbst, und ist unmittelbare wechselseitige Berührung derselben hinlänglich, um galvanische Erscheinungen hervor zu locken, so können fremdartige Stoffe, welche die Leitung vom Nerv zum Nerv (oder Muskel) bilden, dem überströmenden Fluidum entweder Hindernisse in den Weg legen, oder dasselbe frei durch lassen. Ich vermuthe, daſs auf der Stärke dieser Hindernisse das ganze Phänomen der sogenannten Excitationskraft beruht. Wir sehen, um an eine analoge Erscheinung zu erinnern, daſs die elektrische Materie stärker wirkt, wenn die Leitung durch Halbleiter unterbrochen ist, als wenn sie aus bloſs vollkommenen Leitern besteht. Ich habe reines Schieſspulver durch eine geladene Kleistische Flasche nicht eher entzünden können, als bis ich feuchtes Holz, oder

Kork mit demselben in Berührung brachte und die $\pm E$ durch Eisendrath und jene unvollkommene Leiter durchschlagen liess. Eine nasse Schnur soll dieselben Dienste verrichten *) und Herr D. Eimbke, dem wir trefliche Versuche über den Phosphor verdanken, versicherte mich, dass eine einzelne Flasche bei Verkalkung des Goldes wie eine kleine Batterie wirke, wenn die Verbindungskette durch Halbleiter unterbrochen ist. Die zerschmetternden Wirkungen, welche der Blitz bisweilen im menschlichen Körper zurück lässt, scheinen mir ebenfalls auf diesem Phänomene, auf ein Ueberfahren der E aus Knochen (als vollkommenen Leitern) in Muskelfleisch (als Halbleiter) und nicht auf einem Ueberspringen aus Endspitzen zu beruhen. Sollte nun nicht die Stärke des galvanischen Fluidums (dessen Analogie mit dem elektrischen wir gleich umständlicher abhandeln wollen) auf ähnliche Weise bei seinem Durchgange durch leitende Stoffe modificirt werden? Sollte es nicht, indem es aus dem vollkommenen Leiter in den Halbleiter übergeht, in diesem sich so lange anhäufen, bis es das Hindernifs überwältigen und mit vermehrter Stärke **) durchbrechen kann? Diese Vermuthung würde schon a priori nicht unwahrscheinlich seyn, wenn sie auch nicht durch die vorbeschriebene elektrische Erfahrung unterstützt würde.

Ich vermuthe, dass das galvanische Fluidum, welches in den thierischen Theilen angehäuft ist, leich-

*) Yelin's Naturlehre B. 1. S. 389. Voigt a. a. O. S. 314. Pfaff S. 355. in der Note.

**) Joh. Aldini *de animali electricitate* 1794. *p.* 40.

ter durch thierische Theile, als durch Metalle, leichter durch zwei homogene Metalle, als durch heterogene strömt. Je heterogener die Metalle selbst sind, desto stärker muss die Wirkung seyn, weil die Grösse der Wirkung in gleichem Verhältnisse mit den Hindernissen wächst. Aus diesem Gesetze läßt sich einigermassen erklären, warum, wenn die unmittelbare Berührung des Muskels und Nerven Fig. 6. oder das Zurückbeugen eines Nerven gegen sich selbst (Fig. 78.) keine Contraction erregt, dieselbe sogleich eintritt, wenn (Fig. 2—5.) thierische Stoffe die Kette zwischen dem irritablen und sensiblen Organe, oder zwischen zwei Puncten von diesem bilden. Was aus dem Nerven (Fig. 5.) bei *r* ausströmt, findet ein Hinderniss, indem es durch *x*, *y* und *z* nach *s* zurück kehrt. Es häuft sich in der Kette an, bis es stark genug nach *s* durchzubrechen sucht. Wären hingegen *x*, *y* und *z* (Fig. 2. *y*, *z* und *x*) absolut vollkommene Leiter, und strömte das galvanische Fluidum ohne allen Aufenthalt frei durch sie durch, so würde keine Reizung erfolgen. Mit abnehmender Reizempfänglichkeit der Organe muss ein metallischer Bogen an die Stelle des thierischen Leiters *x* (Fig. 3.) gelegt werden. Die Kraft, welche das galvanische Fluidum (ich bezeichne es mit dem Buchstaben *G*) im Augenblicke des Durchbruchs in *s* ausübt, wird nemlich um so grösser seyn, je grösser das Hinderniss ist, welches dasselbe im Leiter findet, je später diess Hinderniss überwältigt wird und je grösser die Menge des in den Nerven rückkehrenden *G* ist. In der Zeit *T* häuft sich weniger von jenem Fluidum

an, als in der Zeit n T, und die Ladung der Organe wird im Moment des Durchbruchs im erstern Falle n mal kleiner, als im letztern seyn. Was nun von G den Organen entzogen wird, ist im Leiter angehäuft und die Differenz in der Grösse der Wirkung ist um n Theile verschieden.

Nach dieser Vorstellungsart bleibt der Werth von n veränderlich, wie die leitende Kette selbst, und es bedarf keiner fernern Erklärung, wie heterogene Metalle und zwar völlig ungleichartige (als Gold und Silber, Zink und Nickel) wirksamer als homogene, oder gleichartigere (als Gold und Silber, Arsenik und Kobalt) sind. Die sogenannte Excitationskraft dieser Stoffe scheint mir nemlich allein auf dem Verhältnisse ihrer Aneinanderreihung, auf der Schwierigkeit zu beruhen, welche das galvanische Fluidum findet, um von einem in den andern überzugehen. Auffallend schien es z. B. dass bei minderer Erregbarkeit der Fall Fig. 1. negativ ist und dass der Erfolg sogleich positiv wird, sobald (wie Fig. 28.) noch ein Metall c unter dem Muskelfleische liegt; oder sobald (wie Fig. 79.) die Metalle m und l sich irgendwo in der Mitte der Kette unmittelbar berühren. Die Leichtigkeit, mit welcher das Fluidum G vom Nerven durch einen homogenen metallischen Bogen in den Muskel strömt *) (Fig. 16.) lässt mich vermuthen, dass dasselbe weniger Hindernisse bei seinem Uebergange aus einem Metalle in einen thierischen Stoff, als aus einem Metalle in ein heterogenes findet. Kein Wun-

*) — eine Leichtigkeit, von der das Ausbleiben aller Contractionen so oft die Folge ist.

der daher, dafs erft die Anhäufungen in *a*, *c* (Fig. 78.) und *l*, *m*, (Fig. 79.) dem Strome Kraft genug geben, die Organe zu ftimuliren.

Ich bin weit davon entfernt, diefe Theorie für eine vollftändige Erklärungsformel auszugeben; doch kann ich der Hoffnung nicht entfagen, dem Wefen des Galvanismus dadurch um einige Schritte näher gerückt zu feyn. Meine Vorftellungsart von einem in den Organen angehäuften Fluidum, von einer Verftärkung des Stroms durch Hindernifs ift von der, welche andere Phyfiker geäufsert haben, fo verfchieden, dafs fie den Einwendungen, welche jene treffen, gänzlich entgeht. Sie beruht auf der Analogie von Thatfachen, die eben fo einfach, als unzweideutig find. Dennoch glaube ich keinesweges das ganze Problem der Excitationskraft aufgelöfet zu haben. Verwickelte Erfcheinungen können mehr als eine Urfache haben, und es ift immer Gewinn genug, eine davon zu errathen.

Ich halte es für erwiefen, dafs in den erregbaren Organen, fo lange fie erregbar find, ein gewiffes Fluidum enhalten ift; ich glaube, dafs daffelbe im natürlichen Zuftande der Theile in dem Muskel und Nerven in ungleicher Menge angehäuft ift, fo dafs Muskel und Nerv gleichfam als ungleich geladen zu betrachten find. Diefe Ungleichheit ift bei der organifchen Verbindung der fenfiblen und irritablen Fafern fehr wohl denkbar, wenn man erwägt, dafs hier von belebten Theilen die Rede ift. In dem Nerven und Muskel geht nemlich eine continuirliche

Mischung und Zersetzung von Stoffen vor, und da dieser chemische Lebensprocess in jedem Organe anders modificirt ist, da das galvanische Fluidum ein Hauptagens dabei zu seyn scheint; so folgt daraus von selbst, dass in jedem Zeittheilchen eine mehr, oder minder ungleiche Vertheilung von *G* im Nerven und Muskel statt finden kann. Auf eine ähnliche Weise werden zwei sich berührende tropfbare Fluiden z. B. Oel und Wasser immerdar eine ungleiche Quantität freier Wärme am Thermoskop zeigen, wenn in beiden unaufhörliche Niederschläge erfolgten, das heisst, wenn sich durch den Uebergang flüssiger Massen zum festen Zustande immer der Wärmestoff in ihnen entbindet. Das Gleichgewicht kann nicht erfolgen, da beide Flüssigkeiten eigenthümliche Quellen von Wärmestoff in sich enthalten. Wird die Spitze eines Nerven (Fig. 78.) mittels isolirender Körper gegen sich selbst zurück gebogen, so wird keine Reizung erfolgen, weil der Theil *ab* eine ähnliche Ladung, (das heisst, Anhäufung des Fluidums *G*) als der Theil *cd* hat.

Eben dieser Zustand der Ruhe äussert sich, wenn man den Bauch eines Frosches öffnet und den Schenkel gegen die entblössten, aber mit leitenden thierischen Theilen umgebenen, in ihrer natürlichen Lage befindlichen Ischiadnerven zurückbeugt. Durch dieses Zurückbeugen kann keine Reizung bewirkt werden. Ein Muskel tritt dadurch bloss mit einem Nerven in Contact, mit dem er schon an dem Insertionspuncte organisch verbunden ist. Waren die natürlichen Ladungen beider Organe so

verschieden, dass gewaltsame Entladungen daraus erfolgen könnten, so würden dieselben sich schon durch Contractionen äussern, wenn man die Maschine sich selbst überliesse, da die Insertion des Nerven eine leitende Verbindung darbietet. Aus der vorhergegangenen Ruhe läfst sich also schliessen, dass auch das Zurückbeugen des Schenkels das Gleichgewicht nicht mehr, als die organische Verbindung stören kann.

Andere Verhältnisse treten ein, wenn man die Ischiadnerven so präparirt, dass sie frei durch die Luft gehen. Nun bringt das vorige Experiment sogleich eine fibröse Erschütterung hervor. Denn wenn (Fig. 80.) in der belebten Nervenfaser, *cab*, in dem frei präparirten Theile, *ab*, und dem in Muskelfleisch eingehüllten, *ac*, in gleichen Zeiten gleiche Mengen von G organisch abgesondert werden, so muss *ab* doch stärker geladen seyn, als *ca*. Jener Theil ist nemlich durch Luft isolirt, dieser von leitenden Stoffen umgeben. In jenen bleibt das galvanische Fluidum angehäuft, diesen wird es in jedem Augenblicke geraubt. In den ersten Minuten nach Entblössung der frischen Nerven ist also die Differenz der Ladung bei *b* und im Muskel sehr verschieden. Wird daher in dieser Zeit der Schenkel gegen den Nerven zurück gebogen, so muss eine Entladung folgen. Bleibt der Nerv länger entblösst, so hört jene beträchtliche Differenz der Muskel- und Nervenladung auf. Der isolirte und überladene Theil, *ab*, gibt nemlich nach und nach von seinem G an *ac* und an den Muskel *ab*, und geschieht der Versuch

später, so kann demnach keine Reizung erfolgen. Mit dieser Theorie stimmt die Erfahrung vollkommen überein. Je entfernter das entblöfste und isolirte Nervenstück, *ab*, von dem Muskel ist, der gegen ihn zurück gebeugt werden soll, desto später wird das Gleichgewicht durch die organische Verbindung hergestellt werden können, desto längere Zeit besteht also auch die grosse Differenz zwischen der Muskel- und Nervenladung. Hierin scheint mir der Grund zu liegen, warum der Versuch (Fig. 6.) der Contact eines Muskels mit dem nächsten Theile seiner Nerven noch nie, wie der Versuch mit dem Ischiadnerven geglückt ist. Ruht der Nerve auf einer untergelegten Zinkplatte, so bringt das Zurückbeugen abermals keine fibröse Erschütterung hervor. Warum? Weil der Zink *G* ableitet und die erforderliche Differenz der Ladung nicht eintritt.

Diese Vorstellungsart, auf welche die einfachste Erfahrung gleichsam von selbst hinführt, eröffnet der Nerven-Physiologie und Pathologie ein neues Feld der Untersuchung. Statt dafs die Voltasche die thierischen Organe als todte Masse (wie feuchte Schwammstücke, oder Bindfaden) betrachtet, so schildert uns jene die Erscheinungen des Galvanismus als eigentliche Wirkungen der Vitalität. Sie zeigt uns die Möglichkeit, wie die Willenskraft durch eben das Medium Muskelbewegung hervor bringt, durch welches der Metallreiz wirkt. Geht nehmlich gleichzeitig mit der Idee des Willens, in der thierischen Maschine ein Procefs vor, durch welchen entweder

im Bewegungs-Nerven selbst mehr Fluidum G abgesondert, oder in denselben aus dem Hirne geleitet wird; so wird der inserirte Muskel durch Mittheilung davon empfangen und seine Contraction wird mehr, oder minder heftig seyn, je nachdem das Maafs mehr, oder minder überschritten wird. Dauert die Absonderung im Nerven (oder Hirne) wie bei anhaltendem Drucke fort, so wird die Annäherung der Elemente, oder die Verkürzung der Längenfaser (die Turgescenz) permanent seyn. Strömt hingegen nicht anhaltend neues G aus dem Nerven in den Muskel, so wird das empfangene G wieder gebunden (oder verflüchtigt) und die Elemente treten wieder aus einander, das heifst, die Fiber erschlafft.

Das Phänomen der Turgescenz (oder der Verkürzung der Längenfaser) läfst sich als Folge einer chemischen Mischungsveränderung, als Folge einer sich ungehindert äufsernden Attractionskraft betrachten. Ich werde am Schlusse dieses Werks eine grofse Anzahl chemischer Versuche erzählen, welche diesen Satz zu begründen scheinen. Hier ist es genug, ihn nur mit wenigen Worten anzudeuten. Die verschiedenen Elemente der Muskelfiber (Phosphor, Kalkerde, Bittererde, Kohlenstoff, Azote, Hydrogen und Oxygen) haben wie alle irdische Substanzen, eine Neigung, sich inniger mit einander zu verbinden, oder näher an einander zu rücken. Da jedes Element eine besondere Ziehkraft nicht nur gegen ein gleichartiges, sondern auch gegen ungleichartige äussert; da ferner diese Kraft durch räumliche Entfernung der Theile und durch Mitwirkung des Wärme-

stoffs, der Elektricität, vielleicht auch des Lichtstoffs modificiret wird; so entsteht daraus eine Summe von zusammengesetzten Kräften, die sich gegenseitig beschränken und von deren Selbstbeschränkung der jedesmalige schlaffere, oder verkürztere (härtere) Zustand der Muskelfaser abhängt. So oft also eine Mischungsveränderung in derselben vorgeht, sey es, dass alte Stoffe abgeschieden werden, welche der Ziehkraft anderer entgegen wirkten, oder dass neue anneigende Stoffe sich zu mischen; so müssen die Elemente näher aneinander rücken und die Längenfaser muss sich verkürzen. Wer mit den chemischen Veränderungen in der unorganischen Natur nur einigermasen bekannt ist, wird sich an hundert analoge Fälle erinnern. Wir sehen chemische Affinitäten nur bei einer bestimmten Beimischung von Kohlensäure, nur unter einer bestimmten Temperatur (Anhäufung des Wärmestoffs) wirken. Wie viel mannigfaltiger müssen die Bedingungen seyn, welche bei den zusammengesetzten, gespannten Affinitätsverhältnissen der thierischen Materie eintreten!

Da viele Erfahrungen lehren, dass durch Muskelbewegung Oxygen abgeschieden und latent gemacht, oder das Blut entsäuert wird, und da das galvanische Fluidum das Hauptagens bei der Muskelbewegung ist; so vermuthe ich, einen ähnlichen Zusammenhang zwischen jenem Fluidum und dem Sauerstoffe, als zwischen dem letzteren und der Elektricität. Ich vermuthe, dass durch Zumischung von *G* die Verbindung des Hydrogens und Azo-

tes *) mit dem Oxygen befördert wird, und daſs dieſe Elemente der Fiber dadurch näher aneinander rükken, etwa wie der elektriſche Funke luftförmig ausgedehnte, von einander entfernte Subſtanzen Sauerſtoff und Stickſtoff, oder Sauerſtoff und Waſſerſtoff in tropfbare Salpeterſäure und tropfbares Waſſer zuſammen drängt. Die Verkürzung der Fiber kann indeſs nur momentan ſeyn, da die oxydirten Elemente, welche durch das galvaniſche Fluidum ſich genähert haben, organiſch abgeſchieden werden und ihre Stelle durch neues Oxygen, Azote und Hydrogen erſetzt wird. Auf jede Contraction folgt daher Erſchlaffung.

Nach dieſer Vorſtellungsart wird Stärke und Schwäche der fibröſen Erſchütterung mannigfach modificirt. Je gröſser die Menge der Stoffe x und z iſt, welche durch Beimiſchung von G ihren Aggregatzuſtand ändern, deſto ſtärker wird die plötzliche Contraction ſeyn. Da in der Muskelfaſer ſo gut, als in der Nervenfaſer, aber in geringerer Quantität, G abgeſondert, oder hervorgebracht wird, ſo gehen, auch ohne Einwirkung der Nerven, in den Muskeln, von ſelbſt jene Veränderungen des Aggregatzuſtandes von x und z vor. Sie geſchehen allmälig, und ſind zu unbeträchtlich, um Contractionen zu

*) Ich hätte ſtatt des Hydrogens und Azotes eben ſo gut den Kohlenſtoff, oder Phosphor, oder alle dieſe Subſtanzen zugleich nennen können. Ich rede an mehreren Stellen dieſes Abſchnitts nur deshalb beſtimmt, weil unter der beſtändigen Enumeration möglicher Fälle die Deutlichkeit und der Zuſammenhang leidet.

zu erregen. Sie beſtimmen bloſs den perpetuirlicheren Zuſtand der Härte und Weiche, der Conſiſtenz, den Ton der Fiber, der bei verſchiedenen Individuen ſo verſchieden iſt. Setzen wir nun die Menge von *G*, welche aus dem Nerven plötzlich in den Muskel ſtrömt, als eine beſtändige Gröſse = *r*, ſo wird dieſs *r* eine ſtärkere Muskelbewegung erregen, wenn es viel, eine ſchwächere, wenn es wenig noch unverbundenes *y* und *z* einer Muskel antrift. Hieraus wird erklärbar, wie die Abnahme von *G* im Muskel eben ſo wichtige Folgen nach ſich ziehen kann, als die abſolute Zunahme von *G* im Nerven oder Hirne.

Die Urſachen einer krankhaften Muskelbewegung ſind demnach ſehr complicirt. Bei unwillkührlichen krampfhaften Zuſammenziehungen kann der Grund im Muskel, oder im Nerven, oder in beiden zugleich liegen. Wird nemlich in dem krankhaften Nerven auf einmal (ohne reſpondirende Idee in der Seele) zu viel *G* abgeſondert, ſo ſtrömt es von ſelbſt in die Muskelfaſer, und erregt eine Erſchütterung. Iſt in der Miſchung der Muskelfaſer eine ſolche Veränderung vorgegangen, daſs in derſelben von Zeit zu Zeit weniger *G* als gewöhnlich, abgeſchieden wird, ſo muſs eine Entladung aus dem Nerven erfolgen, falls in ſolchen Momenten die Differenz des Fluidums in beiden Organen beträchtlich z. B. $> q$ iſt. Endlich können auch, in gewiſſen pathologiſchen Fällen, die Elemente der Längenfaſer ſelbſt durch Zumiſchung anneigender Stoffe ihre Affinitätsverhältniſſe ſo abändern, daſs die An-

näherung schon bei einer Anhäufung von *G* (Temperatur) kleiner, als *y*, etwa $> \frac{q}{n}$ vor sich geht. Bei der schrecklichen Kinderkrankheit *), einer Art der Chorea, bei welcher der Patient keinen Theil seines Leibes in Ruhe lassen kann, mögen mehrere dieser Ursachen zugleich wirken. Auch zeigt sich hiebei recht deutlich die Existenz jenes regsamen, bei seiner schnellen Anhäufung so furchtbaren Fluidums *G*. Werden dem Kinde die Beine fest zusammengebunden, so nehmen die Bewegungen der Arme und die Verzerrungen der Gesichtsmuskeln zu. Da die Contractionen gehindert sind, so wird das Fluidum nicht verzehrt, oder latent gemacht; es strömt also in andere Theile, und erregt dort oft schmerzhafte Reizungen. Von der Gefühlschwäche, welche nach der willkührlichen Muskelbewegung sowohl, als nach den krampfhaften Entladungen zurückbleibt, rede ich hier nicht, da ich unten darauf zurückkomme. Muskelschwäche und gehinderte Muskelbewegung kann auf ähnliche Art in dem krampfhaften Zustande des sensiblen, oder irritablen Organs gegründet seyn. Der Nerve (oder das Hirn) kann entweder nicht die gehörige Menge von *G* absondern, um die Temperatur $> q$ zu erreichen, oder die Elemente der Fiber können so modificirt seyn, dafs sie eine weit höhere unerreichbare Temperatur z. B. eine $> q^n$ verlangen, um ihrer Anziehungskraft

*) Hufeland's Bemerkungen über Kinderkrankheiten, S. 62. Schäffer in der Salzburg. med. chirurg. Zeitung 1793. Beilage zu Nro. 92. Pfündel im Journal der praktischen Heilkunde B. 2. St. 2. S. 243. und besonders 252.

gegenseitig zu folgen, oder der Muskel kann endlich selbst so viel *G* absondern, dass der Nerv die Differenz > *q* nicht erreichen, und daher kein unverbundenes *y* und *z* antreffen kann. Der letztere Fall mag oft bei gelähmten und dabei nicht nur schlaffen, sondern sogar entzündeten harten Muskeln statt finden. Wie einseitig würde man die Natur thierischer Kräfte beurtheilen, wenn man solche pathologische Zustände einer einfachen Sthenie und Asthenie der Nerven zuschreiben wollte! Doch, ich kehre zu meinen Erklärungen des Galvanismus zurück.

Wird ein metallischer Bogen *v* (Fig. 7.) an zwei Puncte eines entblössten Nerven *r* und *s* angeschoben, so werden die metallischen Theile dieses Bogens eine Anziehung gegen das im Nerven angehäufte Fluidum *G* ausüben. Das Fluidum wird, dieser Ziehkraft folgend, bei *r* und *s* austreten, um in *v* einzudringen. Diesem Eindringen stellen sich Hindernisse in den Weg, die Theile des Bogens um *v*, welche noch nicht vom *G* durchdrungen sind, fahren fort, auf das Fluidum, aus der Entfernung zu wirken, dasselbe häuft sich demnach in *m* und *n*, wie vor einem Damme, an. Durch diese Anhäufung würde nicht nur das Nervenstück *r t s*, sondern auch der inserirte Muskel *l* in einen Zustand des Mangels, in einen Zustand — *G* gesetzt werden, wenn die vitalen Actionen nicht diesen Mangel augenblicklich wieder ersetzten. Geschieht nun an einem Puncte *n*, oder *m* (wo zufällig das Hinderniss am überwindlichsten ist,) der Durchbruch des Stromes, so kehrt das im Bogen angehäufte + *G* in den Nerven und

Muskel zurück. Dadurch werden beide Organe auf einmal wieder erhalten, was ſie verloren. Wird aber dadurch die abſolute Anhäufung von *G* im Muskel, das Maaſs, über welches nur der Aggregatzuſtand der Elemente x z merklich ſich ändert, überſchritten? Allerdings, denn während der Anhäufung des Fluidums im Bogen, geht die vitale Abſonderung deſſelben in den Organen fort, und nach dem Durchbruch (wenn man die durchbrechende Menge $= r$ ſetzt) wird die Temperatur der Organe nicht mehr $= q$, ſondern $= q + r$ ſeyn.

Auf eine ähnliche Weiſe läſst ſich die Möglichkeit des Verſuchs Fig. 9. oder der Reizung ohne Kette einſehen. Das Galvaniſche Fluidum ſtrömt mit ziemlicher Leichtigkeit aus dem Nerven in das eine*) Metall *M*, mit Schwierigkeit aus einem Metalle in ein anderes, nicht ganz homogenes ein. Nach dem Contacte von *M* und *N* zieht *N* neues *G* an. Dieſes *G* wird dem Nerven durch den Muskel, dieſem aber durch die organiſche Abſonderung erſetzt. Bei *t* entſteht eine Anhäufung von *G*, weil das Fluidum ein Hinderniſs findet, aus einem Metalle in das andere einzuſtrömen. Da die Maſſe von *N* (man erinnere ſich an die Analogie der Gravitation,) fortfährt, aus der Entfernung auf das in *M* befindliche

*) Ich ſage mit Vorbedacht, mit ziemlicher Leichtigkeit; denn ſelbſt ein ſehr geringes Hinderniſs kann eine Anhäufung veranlaſſen, die ſtark genug ſeyn kann, wirkſam zu reizen. Daher iſt es ſehr denkbar, daſs die oben angegebenen Verſuche, in denen der Nerv allein eine Queckſilberfläche berührt, nur einmal wirkſam angeſtellt werden.

G zu wirken, ſo muſs ſich dieſes in höherem Maaſse in *t*, in minderem in *M* vermehren. Geſchieht nun der Durchbruch, ſo wird das in *t* angehäufte Fluidum hinlänglich ſeyn, um *N* gleichſam zu ſättigen; das in *M* angehäufte ſtrömt, von keiner Kraft mehr gezogen, in den Nerven, und aus dieſem in den Muskel zurück, wo es die Temperatur *q* vermehrt.

Hat *G* einmal ſeinen Weg durch den Bogen *mrn* (Fig. 7.) gebahnt, ſo ſtrömt es ohne Hinderniſs durch denſelben durch, ſo lange die einzelnen Theile des Fluidums ſich aufeinander folgen. Es können demnach, ſo lange die Kette geſchloſſen iſt, keine Reizungen erfolgen. Wird aber die eine Seite des Bogens *n* vom Nerven entfernt, und zum zweitenmale an *s* herangebracht, ſo wird ein neues Hinderniſs im Ueberſtrömen aus dem Metalle in den Nerven bei *s*, und durch dieſes eine neue Muskelerſchütterung veranlaſst werden. Eben ſo bleibt der Schenkel (Fig. 9.) in Ruhe, bis auf *N* ein neues Metall o aufgeſetzt wird. Denn *M* und *N* waren nun einmal von *G* durchdrungen, und erſt das noch undurchdrungene Metall *o*, welches ſich mit *G* zu ſättigen ſtrebt, kann einen plötzlichen Durchbruch nach *O*, und ein Zurückſtrömen in *P* veranlaſſen. Wird aber, wenn die Kette geſchloſſen, und der Schenkel in Ruhe iſt, ein anderes dem Muskelleiter homogenes Metall zwiſchen die Nervenarmatur *n* und dem Muskel geſchoben, ſo wird jene Ruhe nicht unterbrochen. Das Fluidum findet nemlich keinen Widerſtand, um von dem neuen Leiter durch die, ſchon mit *G* durchdrungene Nervenarmatur zu

ſtrömen. — Wird die geſchloſſene Kette geöffnet, und (Fig. 7.) der Leiter *n* vom Nerven entfernt, ſo entſteht bei der Entfernung bisweilen eine Contraction. Sobald ſich nemlich eine dünne Luftſchicht zwiſchen *n* und *s* drängt, ſo ſtrömt aus der Spitze etwas *G* aus, und dieſs *G* wird vom Nerven aufgenommen. Vergleiche den Verſuch Fig. 65.

Warum nach dieſer Vorſtellungsart von Verſtärkung durch Hinderniſs, mit abnehmender Lebenskraft, Metalle, ſtatt thieriſcher Theile, heterogene, ſtatt homogener gebraucht werden müſſen, habe ich ſchon oben erläutert. Nur der Hauchverſuch und die mit ihm zuſammenhängenden Verſuche werden hier noch eine beſondere Aufmerkſamkeit verdienen. Die Ketten:

1) Nerv. *P. p. P.* oder Nerv. *P. p. P. p. P.*
2) Nerv. *P. H. p. H. P.* und
3) Nerv. *P. H. P.*

ſind bei geringer Reizempfänglichkeit der Theile negativ, dagegen erfolgen Muskelerſchütterungen in den Ketten:

4) Nerv. *P. H. p. P.* und
5) Nerv. *P. p. P. p.*

Die Urſachen dieſer Phänomene ſcheinen mir folgende zu ſeyn. In *n* 2 und 3 iſt das Hinderniſs, welches die Kette dem Fluidum entgegenſetzt, ſehr geringe, da es nicht unmittelbar zwiſchen heterogenen Metallen circulirt, ſondern von einem Metalle in thieriſche Theile mit Leichtigkeit übergeht. In

n 4 und 5 wird das Durchströmen genugsam gehindert, und die Anhäufung vor dem Durchbruche wird groſs genug seyn, um auch bei der schwächsten Erregbarkeit noch Muskelbewegungen zu erwecken. In der Kette *n* 1 kommen zwar ebenfalls, wie in *n* 5, aneinander gränzende heterogene Metalle vor; aber in den homogenen Metallen *P P*, welche an den Organen anliegen, scheint mir der Grund zu liegen, warum in *n* 1 die Zeit der Anhäufung kürzer, oder das Hinderniſs geringer, als in *n* 5 seyn muſs. Im letztern wird das Fluidum nicht mit gleicher Leichtigkeit aus dem Nerven durch *p* nach *P*, als durch *P* nach *p* strömen. Je später der Strom von *p* her, dem von *P* kommenden entgegenwirket, desto länger wird die zwischen beiden liegende Masse von *G* undurchdrungen bleiben, oder desto länger wird sie ihre Ziehkraft in der Entfernung ausüben. Rückt aber in *n* 1 der Strom von beiden Seiten der Kette fast mit gleicher Schnelligkeit gegen die Mitte zu, so wird, da dann alle Theile der Leitung schneller von *G* durchdrungen werden, die Anhäufung von *G* weit geringer, ja bei minderer Erregbarkeit der Organe zu gering seyn, um eine Contraction des Muskels hervorzubringen. Die Annahme, daſs ein Fluidum leichter von einem Stoffe *p* nach *P*, als von *P* nach *p* gelangen kann, ist nicht bloſs hypothetisch, sondern auf Analogie gegründet. Indem ich über die Modification experimentirte, welche die Elektricität bei ihrem Durchgange durch verschiedene Leiter erleidet, führte mich ein Zufall auf folgende Erfahrung. Die Blätt-

chen eines Bennetſchen Elektroſkops entfernen ſich gleich weit von einander, man mag das ± *E* erſt durch Zink, und dann durch Silber, oder umgekehrt, hineinleiten. Wie irrig würde man deshalb auf Gleichheit der elektriſchen Wirkung ſchlieſsen. Man bediene ſich eines feinern Elektroſkops, der freien Zungenwärzchen, und laſſe die *E* aus dem Conductor durch beide Metalle, ſo in dieſelbe einſtrömen, daſs einmal der Zink und einmal das Silber die Zunge unmittelbar berührt, ſo wird man die erſte Reizung ungleich ſtärker als die letzte empfinden! — Noch muſs ich erläuteren, warum die ſo ähnlichen Ketten:

Nerv. *P. p. P.* und Nerv. *P. H. p. P.*

ungleich wirken. Auch hier ergiebt ſich der Grund aus der einfachen Idee der Leitung. In der erſtern Kette übt der mittlere Theil des Bogens *p* nach beiden Seiten gleiche Ziehkraft aus, weil Metall an Metall gränzt. In der zweiten Kette wird die Ziehkraft auf der einen Fläche durch *H* gemindert. Der eine Strom rückt alſo langſamer, als der andere an; der eine kommt dem andern weniger zu Hülfe, der mittlere Theil des Bogens bleibt länger undurchdrungen, und das gröſsere Hinderniſs muſs die gröſsere Exploſion veranlaſſen.

Aus dieſen Betrachtungen über die Wirkung fremdartiger (leitender und halbleitender) Stoffe auf das galvaniſche Fluidum folgt: daſs die Contractionen erfolgen, wenn auch (Fig. 7.) der Strom von *s* und der von *r* zu gleicher Zeit durchbrechen, und

daſs das Strömen ſo <— oder ſo —> hin, hier gar keine nothwendige Bedingung iſt. Geſchähe nemlich der Durchbruch von beiden Seiten zugleich und hielten ſich die beiden Ströme in v auch wirklich das Gleichgewicht, ſo muſs doch eine Muskelbewegung erfolgen. Denn da das, einmal von G durchdrungene Metall aufhört aus der Entfernung zu wirken, ſo wird das vor dem Durchbruche bei m und n angehäufte G gröſstentheils in den Nerven zurückſtrömen und die Temperatur y vermehren. Nach welcher Seite hin aber dieſs Zurückſtrömen geſchieht, iſt ganz gleichgültig. Genug daſs die Quantität y überſtiegen wird. — Um endlich der Einwendung zu begegnen, daſs alles im Leiter angehäufte G auch nachmals zu ſeiner Sättigung in ihm gebunden bleibe, werfe man einen Blick auf Fig. 81. Wenn das Fluidum bereits von m bis o und von n bis p vorgerückt und bei o und p angehäuft iſt, ſo fährt der mittlere undurchdrungene Theil ovp fort, ſeine Ziehkraft nicht bloſs auf o und p ſondern auch bis q und r und m und n auszuüben. Ein Magnet wird in v zu gleicher Zeit auf Eiſen in q wirken, wenn ihm auch noch ſo viel magnetiſche Nadeln in o nahe ſind. Ein mit $+E$ geladener Conductor wird negativ geladene Körper in q und m anziehen, wenn ihm auch ähnliche in o näher ſind. Geſchieht nun endlich der Durchbruch des Fluidums G, ſo wird der Theil ovp von G durchdrungen. Zu dieſer Durchdringung braucht nur ein kleiner Theil von dem, in o und p angehäuften verwandt zu werden. Die Ziehkraft, welche ovp in ſeinem vorigen Zuſtande ausübte, fällt nun weg und alles in o, q, m, p,

r und *n* überſchüſſige *G* kehrt in den Nerven zurück *).

Wenn ich den verſchiedenen Erfolg der Ketten Nerv. *P. p. P.* und Nerv. *P. p. P. p.* durch den Unterſchied erkläre, daſs in der erſteren der eine Strom dem andern früher, als in der zweiten entgegen kommt, ſo ſtütze ich mich hierbei, auſser der Wahrſcheinlichkeit, welche in der Sache ſelbſt liegt, auch noch auf einen beſondern Verſuch. Iſt in der zweiten Kette *P* und *p* wirklich ungleich, *p* aber ein noch beſſerer Leiter als *P*, ſo wird die Contraction eben ſo gut, als in der erſten Kette, ausbleiben. Man ſetze z. B. für *P* und *p* Silber und Gold, ſo erfolgt Ruhe. Die Leitungskraft dieſer beiden Metalle iſt, wie andere Verſuche lehren, ſich entweder ſehr gleich, oder (da ein einfacher homogener Bogen von Gold früher aufhört zu wirken, als ein ſilberner) Gold iſt wahrſcheinlich ein noch vollkommenerer Leiter als Silber. In dem erſtern Falle ſind die Ketten Nerv. *P. p. P.* und Nerv. *P. p. P. p.* identiſch; in dem zweiten rücket der Strom, welcher vom Golde herkommt, dem andern noch früher und weiter entgegen, als wenn *P* und *p* homogen wären. Der Durchbruch muſs alſo noch früher erfolgen und die Reizung noch ſchwächer, als in der erſten Verket-

*) Sollen die Verſuche mit der Kleiſtiſchen Flaſche eben ſo genau zergliedert werden, ſo bedeute *np* und *mo* vollkommene Leiter, *po* aber einen Halbleiter, die + *E* wird nun auf einmal bis *p*, die — *E* bis *o* gelangen. Der Durchbruch durch *o p* ſelbſt iſt ebenfalls Folge einer *actio in diſtans*, deren Möglichkeit metaphyſiſch erwieſen iſt. Vergl. Kant's Anfangsgründe der Naturw. S. 59.

tung ſeyn. Daſs es bei dieſem Entgegenrücken der Ströme gar nicht auf die abſolute Länge der Leitungen ankommt, bedarf keiner Erinnerung. Eine gröſsere Maſſe wird einen längern Weg vorlegen, aber auch eine gröſsere Ziehkraft ausüben.

Ich habe im vorigen darauf aufmerkſam gemacht, daſs wenn (Fig. 7.) der Strom von beiden Seiten *n* und *m* zugleich nach *v* hin durchbricht, alles überſchüſſige *G* auch von beiden Seiten wiederum in den Nerven zurück flieſsen würde. Iſt hingegen das eine Ende des Bogens, z. B. *n*, ein beſſerer Leiter als *m*, und iſt, wenn der Durchbruch geſchieht, der Strom von *n* aus bereits weiter, als der von *m* her vorgerückt, ſo iſt es denkbar, daſs der erſtere vom letzteren überwältigt wird und daſs nun das überſchüſſige *G* nur von einer Seite her zurückkehrt. Im erſteren Falle wird alſo alles *G* in einen Punct der erregbaren Organe concentrirt, im zweiten wird es auf zwei Puncte vertheilt. Liegen dieſe beiden Puncte nahe neben einander, ſo wird die Wirkung, wie bei einem ſeyn, weil alles empfangene *G* ſich ſo ſchnell concentriret. Je entfernter aber die Puncte ſind, deſto ſchwächer wird ſich die Reizung zeigen. Durch dieſe Betrachtungen erklärt ſich einigermaaſsen der ſchöne Verſuch des Herrn Volta, bei welchem die beiden Froſch-Extremitäten in zwei Weingläſern liegen und der ſilberne Bogen, an beiden Enden, bald mit einer Säure, bald mit zwei verſchiedenen beſtrichen wird. Sind (Fig. 82.) die Säuren *m* und *n* völlig gleich, ſo wird der Durchbruch zugleich ge-

ſchehen, das galvaniſche Fluidum, welches ſich in *v* gleichſam begegnet, oder ſtauet, wird zu beiden Seiten, nach *m* und *n*, in die Organe zurück fließen. Dieſe Quantität von *G*, welche aus *m* ausſtrömt, ſey $= x$, die aus $n = z$. Die Temperatur der untern Extremität nimmt alſo bei dieſem Verſuche nur um *z* zu. Iſt der Bogen *v* hingegen in zwei verſchiedene Säuren *m* und *n* getaucht, ſo überwindet der Strom von einer Seite zuerſt das Hinderniſs; der durch *m* früher durchbrechende reiſst den, von *n* her kommenden mit ſich fort, und nun empfängt die untere Extremität nicht mehr *z*, ſondern $z + x$. Aus dieſem plötzlichen Eindringen einer gröſsern Menge von *G* wird die ſtärkere Reizung ſehr erklärbar. Ja dieſelbe würde gleich ſtark bleiben, wenn bei der beſchriebenen Vorrichtung die zwei Einſtrömungspuncte auch noch ſo nahe an einander lägen. Jede Extremität iſt nemlich in Waſſer getaucht und bei gleichen Stoffen *m* und *n* würde von dem *z*, welches der Nerv empfangen hätte, unter ſolcher Ableitung, ſchwerlich viel nach den organiſch verbundenen Theilen im andern Glaſe übergegangen ſeyn.

Die Frage, ob im natürlichen Zuſtande der Muskel mehr galvaniſches Fluidum als der Nerv enthalte, ſcheint nicht allgemein beantwortet werden zu können, da es ihr an Beſtimmtheit fehlt. In dem Augenblicke, da die Willenskraft eine Muskelbewegung hervor bringt, halte ich die Ladung der Nerven für ſtärker, da denn mehr *G* in denſelben erzeugt oder aus dem Hirne in ihn geleitet wird. Iſt aber die Entladung (ſey es willkührliche, oder krampfhafte)

geschehen, so hört jene starke Anhäufung auf. Wird ein Theil der Nerven frei heraus präparirt, so dass er von der Luft, einem isolirenden Medium, berührt wird, *) so nimmt die Ladung dieses Theils wieder zu, weil (Fig 80.) in *a b* und *c a* gleichviel *G* durch den Vitalitätsprocess abgesondert, aber in *a b* weniger abgeleitet wird. Dieses Uebergewicht der Ladung im Nerven erhält sich auch in der Folge. Zwar bleibt es nicht so groß, als es in den ersten Minuten nach der Entblößung war, weil die Nervenfaser nach und nach durch ihre organische Verbindung von ihrem *G* an den Muskel abgiebt. Das völlige Gleichgewicht wird aber nie hergestellt, da die Isolation in jedem Augenblicke zu wirken fortfährt, und sich dagegen der Muskel gar noch in einem perpetuirlichen Zustande der Verdampfung befindet. Dieser Unterschied der Ladung äußert sich sehr auffallend bei Schließung der Kette. Fängt man dieselbe (Fig. 84. und 83.) vom Muskel zu schließen an, so ist die Contraction heftiger, als wenn Fig. 85. das Silber *N* erst die Nervenarmatur *M* und dann den Schenkel berührt. In den ersten beiden Fällen geschieht nemlich der Durchbruch vom schwächer geladenen Muskel her, also dauert die Anhäufung länger, und der Effect ist größer, als im letzten Falle, wo der stärkere Strom schneller durchbricht. Wegen Relation der Begriffe von Kraft und Hinderniss kann man die Kraft als gleich, und die Hindernisse als verschieden betrachten.

*) Auch der elektrische Zitterfisch wirkt viermal stärker in der Luft, als im Wasser.

Aus der ungleichen Ladung des Muskels und Nerven wird auch erklärbar, warum es nicht gleichgültig für den Effect ist, wie *P* und *p* an den Organen vertheilt sind, ob Silber, oder Zink in der Kette Nerv. *P*. *p*. am Muskel anliegt. Strömt nemlich das galvanische Fluidum leichter in ein Metall, als in ein anderes, leichter in *P* als *p* ein, so muss das Hinderniss und also auch die Reizung grösser seyn, wenn *p* und nicht *P* dem aus dem Nerven strömenden schwächern *G* entgegen steht.

Die verschiedene Masse der Leitung modificirt ebenfalls die Stärke der Contractionen. Länge des Bogens, oder Breite desselben, wo er die Organe nicht berührt, sind gleichgültige Bedingungen. Die längere Kette wird zwar mehr *G* anhäufen, weil der undurchdrungene mittlere Theil desto grösser bleibt und desto stärker zieht. Die Zeit, in der die Anhäufung geschieht, wird aber auch um so kürzer seyn, da auf einem Puncte um so mehr *G* concentrirt wird, und daher der Durchbruch desto schneller geschieht. Die Quantität *G*, welche zur Sättigung des metallischen Bogens gehört, oder welche nach geschehenem Durchbruche in ihm verweilt, ist nemlich unveränderlich, nicht aber die, welche das gegebene Hinderniss überwältigt, Eine kleinere Kraft kann, vortheilhaft angewandt, eine Wirkung thun, welche die einer grössern übertrift. Die Hindernisse, (Fig. 81.) welche in *q* und *o* sind, werden z. B. schwerer überwunden werden, wenn die getheilten Kräfte *y* und *z* gegen *q* und *o* pressen, als wenn auch nur ihre halbe

Summe $\frac{1}{2}$ $(y + z)$ auf q allein wirkt. Es ist sehr denkbar, daſs bei dem plötzlichen Durchbruch durch q dann auch o nachgiebt.

Wenn die gröſsere Maſſe, oder Fläche des Leiters, wie Fig. 81. und Fig. 89. an dem Muskel ſelbſt anliegt, ſo treten ganz andere Verhältniſſe ein. Angenommen auch, daſs in Fig. 81. 86. 87. und 89. der Durchbruch zu gleichen Zeiten, und bei gleicher Anhäufung von G im Bogen geſchieht, ſo muſs die Reizung in den beiden letzten Fällen doch ſtärker, als in den beiden erſten ſeyn. Hier ſtrömt nemlich nach dem Durchbruch das Fluidum durch mehr Berührungspuncte, alſo auf einmal in gröſserer Menge, in den Muskel zurück, als in Fig. 81, wo es die Rückkehr durch weniger Puncte nimmt. Im letztern empfängt z. B. der Muskel im erſten Momente nach Ueberwindung des Hinderniſſes nur eine Quantität $\frac{z}{n}$, wenn er in Fig. 89. und 87. eine Quantität z empfängt. Eine plötzlich erhöhte Temperatur muſs eine ſtärkere Veränderung nach ſich ziehen, als eine allmählig erhöhte. Ja nimmt man auf den Verluſt x Rückſicht, welchen die Leitung ſelbſt durch Verdunſtung auf der Oberfläche leidet, ſo iſt einzuſehen, daſs, wenn auch in jedem von n Momenten ein Quantum $= \frac{z}{n}$ einſtrömt, daſſelbe doch nie die Gröſse z, ſondern $z - x$ betragen wird. Das x wächst aber mit der Feinheit der Spitze m, (Fig. 81.) welche die Schnelligkeit der Rückkehr von G modificirt. Die Erfahrung beſtätigt auch hier die Theorie; denn bei mat-

ten Individuen ist die Breite der Muskelarmatur den Contractionen sehr günstig. Die Gröſse der Nervenarmatur wirkt unmerklicher, denn da der Durchbruch in Fig. 89. und 88. wo in der ersteren die gröſsere Fläche gegen den Muskel, in der letztern gegen den Nerven gerichtet ist, der Durchbruch von g her, oder durch den stärkern Strom aus dem Nerven geschieht, so ist leicht einzusehen, daſs es nicht gleichgültig ist, an welchem Ende des Bogens die breite Berührungsfläche liegt.

Der Umstand, daſs Schlagen der Metalle, oder Erschütterung derselben den Effect bei mattern Individuen befördert, scheint ebenfalls mit dieser Theorie vereinbar. Mechanische Schwingung der Theile kann leicht dem Fluidum ein neues Hinderniſs, sie zu durchströmen, setzen. Dieses Hinderniſs kann selbst chemische Ursachen haben; denn wir sehen den Wärmestoff, den magnetischen und elektrischen Stoff durch Erschütterung frei werden!

Da endlich während der Anhäufung des Galvanischen Fluidums im Leiter die belebten Nerv- und Muskelfasern fortfahren, diese ihre eigenthümliche thierische Flüssigkeit organisch abzusondern, so folgt hieraus unmittelbar, daſs dieses Secretionsvermögen desto häufiger in Thätigkeit gesetzt werden muſs, je öfter der Galvanische Versuch angestellt, oder durch Galvanische Leiter die belebte Materie gleichsam ausgepumpt wird. Kein Wunder daher, daſs bei dieser unnatürlichen Anstrengung die galvanisirten Froschschenkel früher als andere gleich präparirte in Fäulniſs übergehen.

Ich

Ich wiederhole am Schlusse dieser Erklärungen die Hauptsätze dieser Theorie, welche auf einfachen statischen Begriffen von Anziehung, Stoſs, Hinderniſs, Geschwindigkeit und Kraft beruht und sich von andern Vorstellungsarten auch dadurch unterscheidet, daſs sie die Möglichkeit zeigt, wie einerlei Verkettungen bald positive, bald negative Resultate geben können.

1) Der Zustand der Muskelfaser, in Hinsicht auf Erschlaffung, oder Verkürzung, wird durch die Ziehkraft, Affinität, bestimmt, welche die Elemente der Faser gegen einander äuſsern.

2) Jede Mischungsveränderung, welche in den Organen vorgeht, modificirt diese Ziehkraft. Eine plötzlich eintretende Modification derselben bringt die Erscheinung der Contraction hervor.

3) In der belebten Nerven- und Muskelfaser wird ein Fluidum abgesondert, welches, da beide Fasern organisch mit einander verbunden sind, aus jener in diese überströmen kann.

4) Dieſs plötzliche Ueberströmen bei ungleicher Anhäufung verändert die Ziehkraft der Elemente und ist eine Hauptursach fibröser Erschütterung.

5) Bei der willkührlichen Muskelbewegung scheint gleichzeitig mit der Idee des Willens die organische Absonderung jenes Fluidums im Hirne, oder Nerven, plötzlich vermehrt zu werden und eine Entladung, oder ein plötzliches Ueberströmen in den Muskel zu veranlassen.

6) Wird ein Nerv so frei heraus präparirt, dafs er von einem isolirenden Medium, Luft, umgeben ist, so wird seine Ladung dadurch vermehrt und ihre Differenz von der des Muskels kann = y seyn. Nach einiger Zeit nimmt diefs y ab, weil der Nerv in den Muskel inserirt ist und sich allmälig mit ihm ins Gleichgewicht zu setzen strebt.

7) Wird daher vor der Abnahme von y, ehe das Gleichgewicht wieder hergestellt ist, der Muskel mit dem Nerven in Contact gebracht, so mufs eine Contraction erfolgen, und sie wird um so heftiger seyn, je entfernter der Muskel vom Nerven liegt.

8) Macht man eine leitende Verbindung von einem Puncte des Nerven zu dem andern, so wird das galvanische Fluidum, vom Leiter angezogen, durchzuströmen sich bestreben; da es aber Hindernisse zu überwältigen findet, sich anhäufen. Während dieser Anhäufung fährt die Lebenskraft fort, in dem Organe neues G abzusondern. Wenn demnach der Durchbruch geschieht und das angehäufte G zurückströmt, so mufs dadurch plötzliche Ueberladung und Contraction entstehen.

9) Je gröfser die Hindernisse sind und je später der Durchbruch geschieht, desto wirksamer mufs derselbe seyn. Das galvanische Fluidum scheint leicht in thierische Stoffe, schwerer in metallische, am schwersten aus einem Metalle in ein heterogenes überzuströmen. Sollen demnach

bei minderer Reizempfänglichkeit die Muskelbewegungen eben ſo lebhaft, als bei höherer eintreten; ſo müſſen die leitenden Kettenglieder ſo diſponirt ſeyn, daſs die Hinderniſſe für den Durchbruch des Fluidums zunehmen.

10) Da jede Verbindungskette an zwei Puncten mit den Organen communiciret, ſo entſtehen zwei Ströme in entgegengeſetzter Richtung. Sind dieſelben völlig, oder ziemlich gleich, ſo iſt der Effect der Reizung ſchwächer, weil ein Strom dem andern entgegeneilt, das Metall früher durchdrungen wird, und der Durchbruch früher eintritt.

11) Iſt der eine Strom um vieles ſchwächer, als der andere, ſo wird er nicht blos dieſem langſamer zur Unterſtützung voreilen, und dadurch den Effect mehren, ſondern er wird auch, wenn endlich der verſpätete Durchbruch geſchieht, von jenen mit fortgeriſſen werden, wodurch die Reizung mehr auf einen Punct concentrirt wird.

12) Alle dieſe angegebenen mechaniſchen Verhältniſſe ſchlieſsen die Coexiſtenz anderer mitwirkender, chemiſcher Urſachen nicht aus; es iſt mir vielmehr höchſt wahrſcheinlich, daſs dieſe, z. B. die eigenthümliche elektriſche Ladung der Metalle, ihre Temperatur, ihr Einfluſs auf die Verdampfung und ſelbſt auf Zerſetzung tropſbarer Flüſſigkeiten, die Hinderniſſe modificiren, welche das galvaniſche Fluidum zu einem gewaltſamen Durchbruch veranlaſſen.

Wer mit dem Zuſtande der Chemie und Phyſik gründlich bekannt iſt, wird ſich nicht wundern, wenn die Theorie bei ſo wenigen Datis Lücken übrig läſst, welche erſt durch die künftigen Fortſchritte unſerer Erkenntniſs in mehreren Wiſſenſchaften ausgefüllt werden können. Ich ſchmeichle mir daher, daſs die Vorſtellungsart, auf welche ich ſo verwickelte Erſcheinungen zu reduciren geſucht habe, ſtatt den Wahn der Vollendung zu verbreiten und durch dieſen von neueren Unterſuchungen abzumahnen, vielmehr zu denſelben hinleiten und die groſse Bahn, welche noch zu durchlaufen vor uns liegt, in hellerem Lichte darſtellen ſoll.

Um die Aufmerkſamkeit auf die bisher entwickelten Gegenſtände nicht noch mehr zu theilen, habe ich mich bisher des Ausdrucks: Galvaniſches Fluidum, bedient, ohne etwas über ſeine Natur und ſeine Verhältniſſe zu andern längſt bekannten Stoffen zu beſtimmen. Jetzt iſt es Zeit, auch dieſe zu unterſuchen. Die Frage, ob die Erſcheinungen des Metallreizes überhaupt auf ein überſtrömendes, ſich zumiſchendes, durchbrechendes Fluidum hindeuten, oder ob dieſelben nicht Kräften, die aus der Ferne wirken, durchdringenden Kräften (im Gegenſatz der Flächenkräfte) zugeſchrieben werden können, würde zwar die Exiſtenz jenes Problems ſelbſt untergraben. Sie gehört aber zu den ſkeptiſchen Fragen, deren apodiktiſche Beantwortung der Phyſik bisher unmöglich war, zu den Aufgaben, ob Licht und Wärme, Stoffe oder Wirkungen der Be-

wegung sind. Ich kenne die metaphysischen Schwierigkeiten, in welche man sich bei Annahme so vieler Arten von Materie verwickelt; ich kenne die Frage, welcher Stoff den Wärmestoff ausdehnt, wenn man den Zustand der Flüssigkeit und Starrheit nicht den eigenthümlichen Attractions- und Repulsionskräften der Materie zuschreibt, ja dem Wärmestoffe allein eine Expansivkraft, der Luft eine bloss abgeleitete nicht ursprüngliche Elasticität (willkührlich) beilegt; ich bin überzeugt, dass unsere sogenannte Heterogeneität der Elemente nur auf einem verschiedenen Zustand einer und derselben Materie beruht: aber ich glaube, dass bis jetzt die Naturwissenschaft dabei gewinnt, wenn man, wo man chemische Mischungsveränderungen vorgehen sieht, auf den Beitritt eigener Materien schliesst.

Wenn die glänzende Epoche je eintreten sollte, in welcher chemische Wirkungen auf dynamische Gesetze und die specifische Verschiedenheit der Materien, auf die Verschiedenheit in der Verbindung der ursprünglichen Kräfte der Zurückstosung und Anziehung, zurückgebracht werden; so wird es dem künftigen Reformator leicht seyn, auf einmal aufzuklären, was jetzt im einzelnen nur neues Dunkel erzeugen würde. So lange reden wir von Magnet- Licht- und Wärmestoff, wie der Analytiker mit unbekannten Grösen rechnet. Nur müssen wir uns erinnern, dass die Existenz jener Stoffe nicht wie die des ponderablen Bleis und Zinnes erwiesen ist, und dass es vielleicht eben so wenig einen Lichtstoff, als einen Schallstoff giebt. Nur müssen wir uns hüten, wo dynami-

ſche Klarheit längſt herrſcht, wie in der Newtonianiſchen Lehre von der Gravitation, Schritte zurück zu thun und über die Möglichkeit eines Schwerſtoffs zu ſtreiten, eben als könne eine Materie ohne Gravität, oder urſprüngliche Elaſticität gedacht *) werden.

Die Frage alſo: ob bei den galvaniſchen Erſcheinungen ein Fluidum überſtrömt? ob die Veränderung, welche im Augenblicke der Contraction im Muskel vorgeht, einer Miſchungsveränderung zuzuſchreiben iſt? kann hier eben ſo wenig beantwortet werden, als die: ob bei der Ausdehnung eines erwärmten Metalls Wärmeſtoff ſich den metalliſchen Theilen beimiſcht? oder ob nicht vielmehr die Wärme die Anziehungskraft der Materie ſo mindert, daſs die urſprüngliche Elaſticität derſelben, ihre eigenthümliche Zurückſtoſsungskraft, dadurch wirkſamer wird? Wenn wir neue Erfahrungen mit ältern vergleichen und das, was ihnen Gemeinſames zukommt, heraus heben wollen, ſo müſſen wir die neuern nicht in einen Geſichtspunct ſtellen, aus dem wir die ältern noch nie betrachteten. Dynamiſch würde ich die Erſcheinungen des Galvanismus betrachten, wenn ich der Materie des Nerven eine durchdringende Kraft zuſchriebe, welche durch die metalliſche Leitung dergeſtalt auf die entfernte Muskelfaſer wirke, daſs die urſprüngliche Expanſivkraft derſelben gemin-

*) Vergl. Met. Anfangsgründe der Naturwiſſenſchaft S. 71. (auch S 94. und 100.) und dagegen Gren's Journal der Phyſik Band VII. und Langsdorf's neue Schrift vom Wärmeſtoff.

dert würde. Diese Verminderung würde der ursprünglichen Anziehungskraft der Muskularsubstanz das Uebergewicht geben, und das Resultat dieses aufgehobenen Gleichgewichts wäre der Zustand der Contraction. Sollte diese dynamische Erklärung nur einigermaſsen vollständig seyn, so müſste sie zugleich Gründe angeben, wie die Anlegung von Metallen jene Veränderung der Expansivkraft plötzlich veranlassen, wie die Materie der Nerven anders durch Metalle, anders durch feuchte thierische Substanzen wirken, wie diese Wirkung nur auf eine so kurze Dauer eingeschränkt seyn kann. Diese Gründe nun dürfen nicht die Annahme specifik verschiedener Materien voraussetzen, sie müssen wieder auf die einfache Störung ziehender und treibender Kräfte hindeuten. Wer wird es wagen, bei der dermaligen Lage unsrer physikalischen Erkenntniſs, solchen Forderungen ein Genüge zu leisten! Dem vorsichtigen Naturforscher ist es genug, den Weg kenntlich zu machen, der noch unbetreten neben dem seinigen herläuft und der mit diesem zu einem Ziele *) führt!

*) Ich sage mit Bedacht zu einem Ziele, denn wenn gleich in meiner oben entwickelten Theorie von einem eigenen überströmenden Fluidum die Rede ist, so bezeichnet das Wort: Galvanischer Stoff, doch nichts mehr, als die unbekannte Ursache der Erscheinung. Gesetzt also, es giebt weder einen elektrischen, noch einen magnetischen, noch einen galvanischen, noch einen Licht- und Wärme-erzeugenden Stoff, so behält jene Theorie, da sie auf construirbaren Begriffen beruht, doch ihren Sinn. Wäre z. B. das *agens* bei dem galvanischen Experimente eine bestimmte Schwingung der ponderablen Materie, so ist es sehr denkbar, daſs diese Schwingung durch andere Körper fortgepflanzt, oder gehemmt, ja durch

Auch haben, ohne jenen speculativen Streitpunct zu berühren, alle Physiker, welche bisher über die Ursachen des Metallreizes theoretisirten, die Nothwendigkeit gefühlt, seine Wirkungen einem überströmenden, sich mittheilenden Stoffe zuzuschreiben. Nur in der Bestimmung der Natur jenes Stoffs sind sie bisher sehr uneinig gewesen. Galvani, Valli, Aldini, Volta, Vassali, Corradori und Darwin hielten ihn mit dem elektrischen Fluidum identisch; Fowler, Cavallo und Creve suchten diese Identität zu widerlegen. So wenig die Gründe, welche die letztern, besonders Herr Creve, anführt, mich überzeugen, so wenig kann ich an das Daseyn eines elektrischen Stoffes glauben. Da es in der Physik, wie in der Naturbeschreibung *) unendlich wichtig ist, Substanzen so lange durch verschie-

temporäre Hemmung an Intensität der stoſsenden Kraft vermehrt wird. Was oben von Leitung der Kettenglieder, von Verstärkung des Stroms durch Hinderniſs gesagt ist, läſst sich daher leicht phoronomisch übersetzen. Auch die Frage, ob Galvanismus und Elektricität identisch sind, behält ihren Sinn, wenn auch keine eigenen materiellen Substrata in den galvanischen und elektrischen Erscheinungen wirken. Es ist denkbar, daſs eine Art der schwingenden Bewegung x, den Eindruck des Lichts, eine andere y, den Eindruck der Wärme, eine dritte z, (die aus beiden Bewegungen zusammengesetzt ist) die gleichzeitigen Wirkungen des Lichts und der Wärme (Elektricität?) hervorbringt. Wie niederschlagend wäre in der That auch die Betrachtung, daſs alle bisherigen Speculationen über Capacität und Leitungskraft der Körper für den Wärmestoff entbehrlich würden, sobald erwiesen werden könnte, daſs Erwärmung ohne den Beitritt einer eigenen Materie geschähe!

*) Schrank's Bairische Flora, B. I. S. 38.

dene Benennungen zu unterſcheiden, bis ihre Gleichartigkeit apodiktiſch erwieſen iſt, ſo bediente ich mich bisher des Ausdrucks: Galvaniſches Fluidum. Der vielleicht ſich empfehlendere Name: Nervenfluidum, würde zu dem Miſsverſtändniſſe Anlaſs gegeben haben, als wäre jene thieriſche Flüſsigkeit der ſenſiblen Fiber allein eigen. Zu dieſer Annahme ſind wir aber durch keine Erfahrung berechtigt, und ich halte es für einen Vorzug der Theorie, welche ich oben aufgeſtellt, daſs ſie auf die Exiſtenz eines Stoffs hinweiſt, der dem Nerven ſowohl, als dem Muskel eigenthümlich iſt, und durch ſeine plötzliche Anhäufung fibröſe Erſchütterungen und Empfindungen zugleich erregen kann. Jene Theorie läſst es dazu noch unentſchieden, welcher Natur die überſtrömende Flüſsigkeit iſt, ja ſie bleibt, in ſo fern ſie auf conſtruirbaren Begriffen beruht, gleich feſt gegründet, der circulirende Stoff mag dem Wärmeſtoffe, oder dem Lichtſtoffe, oder dem Oxygen, oder dem Azote, oder der Elektricität verwandt ſeyn.

Um das nicht zu wiederholen, was der Fleiſs anderer Schriftſteller bereits über dieſen Gegenſtand geſammlet hat, *) zähle ich bloſs die Gründe auf, welche mir für die wahrſcheinliche Identität des galvaniſchen und elektriſchen Fluidums zu ſprechen ſcheinen. Ich kann ſie nur auf vier reduciren.

*) Aldini l. c. p. 2. 38. 41. Gren's Journal B. 7. S. 69, und B. 8. S. 310. Pfaff a. a. O. S. 200. 306 — 324. 370. 374 und 390.

1) Bei heftigen Muskelbewegungen zeigt der thierische Körper deutliche Spuren freier Elektricität. Ich erinnere bloſs an die Beiſpiele der Madame de Seval, der Lady Baltimore, des Carlo Gonzaga, Herzogs von Mantua, und des Theodorichs (des Vaters des Viſigothiſchen Königs,) welcher im Gehen Feuer ſprühte. *) Bei ſenſibler Schwäche, welche durch Anſtrengung im Denken entſteht, beim Kopfweh z. B. ſtrömen die Haare bisweilen *E* aus. Sie ſträuben ſich und ſinken, wenn man ſie mit metalliſchen Stoffen berührt. Selbſt das plötzliche Sträuben beim Schreck ſcheint ein elektriſches Phänomen zu ſeyn, da es aus anatomiſchen Gründen wohl ſchwerlich als Turgeſcenz durch einſtrömende Flüſſigkeit (wie Prochasca das Schwellen des Muskels erklärt) zu betrachten iſt.

2) Das galvaniſche Fluidum wird, wie das elektriſche, durch Glas, Oel, Harz und Siegellack iſolirt, und durch metalliſche kohlenſtoffhaltige und mit Waſſer befeuchtete Stoffe geleitet. Elektriſche Schläge folgen ſichtbar dem Laufe der ſenſiblen Faſer. **)

*) Kühn über die Wunderhand des Gr. von Thun, S. 6. 9. *Tiſſot maladie des nerfs*, *T.* 1. *P. II. p.* 385. Gren's Journal, B. 6. H. 18. S. 412. Von den Lichtenbergiſchen Figuren auf dem Rücken eines, vom Blitz getroffenen, S. Mayer in Theden's Neuen Bemerkungen zur Wundarzneikunſt, Th. 3. S. 166. *Rozier Journal de Phyſique*, 1793. *p.* 293.

**) Man behauptet auch, daſs ein erwärmter Turmalin lebhaft die ſenſible Faſer anziehe und abſtoſse. Ich habe das

3) Der Geschmack, welchen das Voltasche Zungenexperiment mittels des Metallreizes hervorlockt, ist dem, welchen einströmende Elektricität erregt, sehr analog. Ja, Herr Abilgaard *) hat sogar die scharfsinnige Bemerkung gemacht, dass zwischen Wirkung positiver und negativer Elektricität ein eben so auffallender Unterschied ist, als wenn man beide Zungenflächen mit Zink und Silber armirt und die Armaturen verwechselt.

4) Das galvanische Fluidum stimmt auch dann mit dem elektrischen überein, dass es, wenn alle andere Stimuli längst unwirksam sind, noch wie dieses den Nerven zur Contrahirung der Muskelfaser reizt.

Wenn ich auch nicht durch eigne Versuche in den Stand gesetzt worden wäre, eben so wichtige Gründe gegen die Identität der Stoffe *E* und *G* anzuführen, so würde mich doch schon die Vorsicht

Experiment wiederholt angestellt, aber gefunden, dass der Nerv sich dabei wie jeder andere leichte Körper verhalte. Möchte man doch richtig sehen, ehe man beschriebe!

*) Dieser scharfsinnige Physiolog schrieb mir am 15. Sept. 1795. aus Koppenhagen:

„Wenn sie mit dem verschiedenen Geschmacke der „entgegengesetzten Elektricitäten bekannt sind, so „werden sie finden, dass wenn sie die Zunge mit Zink „und Gold, oder mit Blei und Gold, oder mit Zink „und Silber, oder mit Blei und Silber armiren, dass „Zink oder Blei allemal + *E*, und dass Gold oder „Silber — *E* bekommen. Ich habe diese Bemerkung „dem D. Pfaff, ehe er nach Italien ging, mitgetheilt, „und er fand sie richtig.“

gegen jene Analogien miſstrauiſch machen. Geſetzt auch, daſs bei jeder Muskelbewegung *E* ſichtbar auf Elektroſkope reagirend entbunden würde, ſo folgte hieraus nach logiſchen Regeln noch keineswegs, daſs das, was die Contraction veranlaſſe, aus dem Nerven überſtröme, *E* ſelbſt ſey. Ein unausbleiblich concomitirender Umſtand iſt allerdings eine Grund enthaltende Bedingung, wenn er der Erſcheinung ſelbſt vorausgeht. Wie kann aber bei inſtantaneen Wirkungen Urſach und Folge unterſchieden werden. Wir wiſſen, daſs *E* wie Wärmeſtoff und magnetiſches Fluidum durch mechaniſche Erſchütterung und Reiben frei gemacht wird. Wie alſo, wenn *E* zu den Elementen der Muskelfaſer gehörte und durch die Contraction ausgeſchieden würde? Dann könnte die fibröſe Erſchütterung durch ganz heterogene Stoffe, Oxygen, Azote, u. ſ. f. erregt werden, und dieſe Stoffe hingen mit der elektriſchen Erſcheinung nur mittelbar zuſammen. Wie, wenn durch dieſelbe Miſchungsveränderung, welche die Contraction veranlaſst, Oxygen mit Phosphor zur Phosphorſäure, Phosphor mit Azote zum gephosphorten Stinkſtoff und andere Elemente α, β, γ... zur Bildung des elektriſchen Fluidums zuſammenträten? Ich hebe von vielen möglichen Fällen nur einzelne Beiſpiele heraus. Für die Phyſiologie iſt es wichtig, ſelbſt dieſe möglichen Erſcheinungen kennen zu lernen, weil ohne dieſelben die groſsen Proceſſe in den geheimen Werkſtätten des Organismus nur einſeitig beurtheilt werden können!

Die Analogie, welche von dem Geschmake hergenommen wird, ist noch minder entscheidend. Specifisch verschiedene Stoffe können ähnliche Eindrücke auf die Sinnorgane machen. Wenn der Vorstellung von einem Geschmacke eine Mischungsveränderung in den Geschmacknerven selbst entspricht, so ist es sehr denkbar, dass die heterogensten Substanzen, als Stimuli, ähnliche Veränderungen hervorrufen. Was in der Seele wahrgenommen wird, kann nur ein Process seyn, der in dem thierischen Körper selbst vorgeht. Nach den Vorstellungen der gröbern Corpuscularphilosophie (welche leider! noch so vielen Lehrbüchern der Physiologie und Naturlehre verborgen zum Grunde liegt,) ist freilich jeder Materie eine eigene Grundgestalt eigen, und homogene Metalle sind gleichartig geformt. Nach diesen Vorstellungen erregen viele eckige scharfkantige Theile einen scharfen, stumpfkantige, einen milden Geschmack. Wie unhaltbar findet man aber diese Theorie, wenn man die Natur der flüssigen Stoffe erwägt, welche schlechterdings nicht als Aggregate kleiner, starrer (fester) Körperchen betrachtet werden dürfen! *) Wie unbefriedi-

*) Met. Anfangsgründe der Naturwissenschaft, S. 89. 96. Ich fürchte nicht durch die beständige Rücksicht, welche ich auf dieses Meisterwerk nehme, den Leser zu ermüden. Wer lieber bei den Erscheinungen selbst stehen bleibt, und feinere Zerlegungen der Begriffe scheut, wird ein Paar Blätter leicht überschlagen. Wer gern weiter hinaufsteigt, dem wird jene stete Rücksicht auf Kant's Naturwissenschaft ohnedies angenehm seyn. Da ich wünschte gründlich zu verfahren, konnte ich mich nicht nach der Laune zweier Partheyen richten,

gend ist nicht die Reduction aller Nerven-Eindrücke auf mechanische Schwingung gespannter Saiten! Form und chemische Mischung der Elemente wirken gewiss gleichzeitig zur Erregung sinnlicher Eindrücke, so wie der Process selbst, (die Veränderung) welcher im Nerven erregt wird, und der die Seele percipirt, das gleichzeitige Resultat mechanischer Kräfte ist. Wo eine Materie wirkt, kann ich mir sie nur als mit allen ihren Eigenschaften wirksam denken. Nenne ich nun die Veränderung, welcher eine bestimmte Geschmacksidee respondirt y, und die Stoffe, welche dabei wirken, und als Grundhaltende Bedingungen zu betrachten sind, α, β, γ, so wird jene Veränderung eintreten, wenn der Stimulus zu zwei in dem Organe schon enthaltenen Stoffen den dritten zumischt, α zu β und γ, oder γ zu α und β, oder β zu α und γ. Dieses rohe Beispiel, welches auch auf andere Sinneseindrücke auszudehnen ist, zeigt 1) wie drei heterogene schmeckbare Substanzen einerlei, oder ähnliche Geschmacksempfindungen erregen können, 2) wie diese Empfindungen, bei einem Stimulus, nach Beschaffenheit des Organs verschieden, und 3) wie ein vorhergehender Geschmackseindruck den darauf folgenden fast gänzlich unwirksam machen kann.

von der die eine „die Vernunft auf dem Polster dunkler „Qualitäten zur Ruhe bringt,“ „die andere a priori ent-„wickeln will,“ was nur durch Beobachtung, Experi-„mente und Anwendung der Mathematik auf äussere „Erscheinungen, aufgefunden wird.“

Wenn man nemlich auf die zahllose Verschiedenheit der Verbindungen, welche bei vier und fünf Stoffen nach dem Verhältnisse ihrer gegenseitigen Umhüllungen möglich sind, Rücksicht nimmt, so wird es denkbar, dass alle Geschmacksempfindungen, deren wir fähig sind, vielleicht auf dem Ineinanderwirken derselben vier bis fünf Substanzen (Oxygen, Azote, Phosphor, Wasserstoff, Kalkerde) beruhn. Hängt nun die Stärke eines Geschmacks von der Menge der zersetzten Elemente ab, so ist es erklärbar, warum, wenn der erstere Stimulus der sensiblen Fiber, z. B. viel Azote entzogen hat, der zweite, bei dem das Azote wieder eine Rolle spielt, unwirksamer seyn muss. Ist hingegen eine beträchtliche Zwischenzeit zwischen den beiden Eindrücken, so wird der fehlende Stoff durch die organischen Kräfte wieder ersetzt, und Milch ist dann auch nach der heftigsten Säure wieder schmeckbar. So lassen sich sinnliche Erscheinungen sinnlich erklären, ohne auf Gegenwirkungen des innern Sinnes, und sein geheimnissvolles Verkehr mit der materiellen Welt zu recurriren.

Noch weniger, als die Aehnlichkeit der Geschmacksempfindung für die Identität des elektrischen und galvanischen Fluidums entscheidet, darf die blitzartige Erscheinung im Hunterschen Versuche dafür angeführt werden. Das Lichtsehen ist etwas ganz subjectives, und beweist noch gar nicht das Daseyn eines freien Lichtstoffs. Man vergleiche die Beobachtungen über die mechanische Reizung der Seh-

nerven,*) und über die Sympathie bei der Wirkung des Oxygens auf die Geruchsnerven in dem neunten Abschnitte. — Auf diesen letzteren Nerven, der für die elektrische Ausströmung sehr empfänglich ist, äussert der Galvanismus gar keinen specifiken Reiz. Franklin hat zuerst beobachtet, dass Thiere, oder auch einzelne Glieder von Thieren, deren Irritabilität durch heftige elektrische Schläge vernichtet, oder durch wiederholt erzwungene Contractionen erschöpft worden ist, schnell in Fäulniss übergehen. Eben diese Erfahrung habe ich mehrmals beim Galvanisiren der thierischen Materie gemacht. Froschschenkel, auf welche der Metallreiz lange gewirkt hat, faulen mehrere Tage früher, **) als andere, welche ungalvanisirt blieben. Bei dem weichen gallertartigen Körper der verlarvten Frösche (gyrini) ist der Unterschied am auffallendsten. Dennoch beweist diese Beobachtung nichts für die Identität des galvanischen und elektrischen Fluidums. Heftige Gifte, besonders Vipern- und Ticunnagift wirken eben so auf die Beschleunigung der Fäulniss, und wer würde darum auf die Gegenwart eines Stoffes in so heterogenen Reizmitteln schliessen!

Unter

*) Mechanische Erschütterung bringt Lichterscheinungen hervor. Der Geruch- und Geschmacksnerve wird nicht dadurch afficirt, das heisst, die diesen Sinneswerkzeugen eigenthümlichen Wirkungen werden nicht durch mechanische Reizung hervorgerufen.

**) Durch ein Missverständniss heisst es in Gehler's Wörterbuch B. V. der Metallreiz schützt vor der Fäulniss.

Unter den oben angeführten vier Gründen bleibt alſo der einzig bedeutende der, welcher von der Gleichheit der Leitungen hergenommen iſt. Neuere Verſuche haben mich aber auch hier auf wichtige Unterſchiede zwiſchen *E* und *G* geleitet.

1) Knochen, alte, wohlgetrocknete, und gebleichte, ſind eben ſo gute, zum Theil beſsre Leiter der Elektricität, als die Metalle, dagegen iſoliren ſie das galvaniſche Fluidum wie Glas und Siegellack. —

Auf die Leitungskraft der Knochen hat mich zuerſt der mir unbekannte Verfaſſer der Schrift vom Dualismus *) in der Elektricitätslehre aufmerkſam gemacht. Selbſt ſpätere Lehrbücher der Phyſik ſetzen ſie unter idioelektriſche und höchſtens halbleitende Subſtanzen, und ich wundere mich, daſs jene Entdeckung in ſieben Jahren nicht bekannter geworden iſt. Ich habe eine Reihe von vergleichenden Verſuchen über die Leitungskraft von feuchtem Holze, dichtem Kalkſteine und Menſchenknochen angeſtellt, welche folgende Reſultate gaben. Eine wohlgetrocknete und gebleichte maxilla inferior, welche bereits 20 Jahr in einer oſteologiſchen Sammlung auf-

*) Reviſion der vorzüglichſten Schwierigkeiten in der Lehre von der Elektricität, beſonders ſoviel ſie den Dualismus betrift 1789. S. 131. Vergleiche auch den Recenſenten von Faulwetter's Grundſätzen der Elektricitätslehre 1793. in der allgem. Litteraturzeitung 1796. Nr. 134. S. 236. Körper, welche viel Phosphor enthalten, ſind ſehr geneigt, viel Elektricität zu verſchlucken.

bewahrt war, wurde an eine Kleiſtiſche Flaſche ſo angelegt, daſs ihre beiden flügelartigen Fortſätze an der äuſsern und innern Belegung anlagen. Bei dieſer Verbindung war es mir unmöglich, die Flaſche je zu laden, ja die *E* ſtrömte ſo vollkommen von dem processus coronoideus des einen Flügels in den des anderen über, daſs meine Hand, wenn ſie poſitive und negative Fläche zugleich berührte, auch nicht eine Spur von Ladung empfand. Dieſe Verhältniſſe blieben dieſelben, wenn ich den Unterkiefer auf dem Ofen auch noch ſo abtrocknete, daſs vor Wärme er kaum zu halten war. Feuchtes Holz ſchwächte anfangs den Effect, bei fortgeſetztem Umdrehen der Scheibe wurde die Fläche aber dennoch vollkommen geladen. Das Einſtrömen in die innere Fläche war zu ſchnell, als daſs der unvollkommene Leiter das Gleichgewicht eben ſo ſchnell hätte herſtellen können. Dichter Kalkſtein und ein verſteintes Ammonshorn wirkten völlig wie Siegellack und Glas. Die Flaſche wurde gleich geſchwind geladen, beide Foſſilien mochten an derſelben angebracht ſeyn, oder nicht. Eine Perſon, die auf dem Iſolatorium ſtand, wurde wechſelsweiſe durch Metall und Knochen mit dem geladenen Conductor verbunden. In beiden Fällen ſprühte ſie gleich ſtarke Funken. Bei feuchtem Holze waren dieſelben ſehr ſchwach, und beim Kalkſteine fehlten ſie ganz. Ich habe mich mehrmals überzeugt, daſs Knochen ſogar noch beſſer, als metalliſche Subſtanzen leiten; denn wenn die Scheibe einer kleinen elektriſchen Maſchine ſo ſchwache Wirkung thut, daſs die iſolirte

Perſon keine Funken giebt, wenn ſie mit einem Metallſtab auf dem Conductor ruht, ſo werden dieſelben ſogleich ſichtbar, wenn man den Metallſtab gegen einen Schenkelknochen umtauſcht. Auch fühle ich ſtechendere Schläge, wenn ich auf dem Iſolatorio durch einen Knochen, als wenn ich mittels eines metallnen Leiters mit dem Conductor verbunden bin. Zwiſchen der Leitungskraft in den Knochen verſchiedener Säugthiere, in dem Schmelz der Zähne und der ſchwammigten Diploë des Bruſtbeins, in den flachen Knochen und den Röhrenknochen habe ich bis jetzt noch keinen Unterſchied auffinden konnen, ſo gewiſs ich auch von ſeinem Daſeyn überzeugt bin. Die Aeuſserung des oben in der Note angeführten Recenſenten und die Aehnlichkeit des Geruchs, welche berühmte Phyſiker zwiſchen der elektriſchen Materie und der Phosphorſäure beobachtet haben wollen, lieſs mich die Frage unterſuchen: ob phosphorſaure Kalkerde überhaupt leitend ſey? Ich nahm einen ſchönen Apatitkryſtall, und verband die innere und äuſsere Belegung einer Kleiſtiſchen Flaſche mittels einer metallnen Kette, welche durch jenen Kryſtall unterbrochen war. Die Flaſche wurde eben ſo ſchnell geladen, als wenn jene Ableitung gar nicht geweſen wäre, und auch in andern Verſuchen zeigte ſich der Apatit als vollkommen iſolirende Subſtanz. Nach dieſer Erfahrung erſcheint jene Leitungskraft der Knochen noch auffallender. Die Subſtantia vitrea der Zähne iſt gewiſs als eine faſt reine gephosphorte oder phosphorsaure Kalkerde zu

betrachten, und der thierische Gluten, welcher in andern Knochentheilen stark angehäuft ist, ja selbst bei der längsten Austrocknung übrig bleibt, sollte die Leitungskraft eher mindern, als mehren. Phosphor, Kalkerde, Kohlenstoff, Wasserstoff, Azote und etwas Sauerstoff sind die Elemente, aus welchen das Knochengerüste aufgeführt ist. Welchem derselben darf man jene Erscheinungen zuschreiben? Gewiss keinem einzelnen, sondern der organischen Aneinanderreihung aller. Relative Lage der Theile bestimmt die elektrische Leitungskraft gewiss nicht minder, als ihr chemisches Mischungsverhältniss. Es ist sehr denkbar, dass ein Fossil, welches alle Bestandtheile, nur nicht die organische Textur eines Knochens hätte, dennoch vollkommen isolirend bliebe.

Auch der Demant, welcher, wie jede Steinart, bei den galvanischen Versuchen isolirt, wird für einen Leiter der Elektricität ausgegeben. Herr Comus *) hat diese Entdeckung bekannt gemacht, welche bei der grossen Leitungskraft der Holzkohle

*) *Le diamant a une propriété très singulière et qu'on ne connait qu'à cette seule substance. Il est électrique par frottement et conduit parfaitement l'électricité. C'est Mr. Comus qui a découvert cette propriété. Description méthodique des minéraux par le Prince de Gallitzin* 1792. *p.* 119. Idioelektricität und Leitungskraft schliessen sich im Allgemeinen nicht aus. Alle Stoffe scheinen idioelektrisch zu seyn; nur hindert bei vielen die Leitungskraft, die Beobachtung jener frei gemachten und so schnell zerstreuten Elektricität. *Herbert Theoria phaenom. electricorum* 1778. *p.* 15.

und der wahrfcheinlichen Exiftenz des Carbons im Demant jeden Chemiften intereffiren mufs. Im veften Vertrauen auf ihre Richtigkeit, elektrifirte ich eine Kleiftifche Flafche, in dem eine metallne Kette (durch einen orientalifchen Demant von 2 Linien Länge unterbrochen) die innere und äufsere Belegung verband. Ich war überzeugt, dafs die Flafche, wie bei dem obigen Verfuche mit Knochen ungeladen bleiben würde, und unterfuchte ihren Zuftand unbefangen mit zwei Fingern der rechten Hand. Ein heftiger Schlag überzeugte mich aber von der ifolirenden Eigenfchaft des Demanten. Auch in andern Verfuchen verhielt fich derfelbe völlig wie Zirkon, Bergkryftall und Siegellack, und ich zweifle fehr, dafs es Abänderungen gebe, welche die vom Herrn Comus und dem Fürften von Gallitzin angegebene Eigenfchaften haben.

2) Der luftverdünnte Raum leitet die fchwächften Grade der Elektricität, nicht aber das galvanifche Fluidum. — Ich fage mit Fleifs luftdünne, nicht luftleere Räume. Schon Beccaria *) hatte beobachtet, dafs eine geringere Luftverdünnung mehr, als eine ftärkere, die *E* in der Glaskugel zerftreue. Aber George Adams hat unwiderfprechlich dargethan, dafs ein vollkommenes Vacuum völlig ifolirt. „*There can be little* „*doubt, of the non conducting power of a perfect vacuum,* „*and this fact is ftill more ftrongly confirmed by the phaenomenon, which appear, upon the admiffion of a very* „*minute particle of air into the infide of the gage. In*

*) *Eletricismo artificiale §. 411.*

„this caſe the whole becomes immediately luminous upon the „ſlighteſt application of electricity and a charge takes place, „which continues to grow more, and more powerful in pro- „portion as fresh air is admitted, till the denſity of the „conducting medium arrives at its maximum. *) Hieher gehören auch die leuchtenden Erſcheinungen im Torricelliſchen Vacuum des Barometers, von denen ich an einem andern Orte (in meinem zweiten Briefe an Herrn Pictet, *ſur la Nature de la lumière et ſes combinaiſons chymiques*) umſtändlicher gehandelt habe. Das galvaniſche Fluidum wird vom luftvollen ſowohl, als vom luftdünnen Raume iſolirt. **)

3) Die Flamme iſt der vollkommenſte Leiter der Elektricität und iſolirt das galvaniſche Fluidum. — Schon der Engländer Miles, welcher 1745 zuerſt die elektriſchen Feuerbüſchel ſah, bemerkte die Leitungsfähigkeit des Rauches und der Flamme. Bennet benutzte dieſelbe, um kleine Quantitäten von Luftelektricität dadurch in ſein Elektroſkop zu leiten. Herr Volta findet daſs ſein Strohhalmelektrometer 2 bis 3 mal ſtärkere

*) *Eſſay on electricity. Third edition* 1787. *ſupplem. p. LXXV.*

**) In dieſer iſolirenden Eigenſchaft der atmosphäriſchen Luft ſcheint die einfache Urſach zu liegen, warum ein ſehr erregbares Organ, wenn ſein Nerve friſch entblöſst iſt, oft in den erſten Minuten nach der Nervenentblöſsung, ſich ſelbſt überlaſſen, Convulſionen erleidet. Der entblöſste Nerventheil iſt nemlich durch die Entblöſsung ſelbſt überladen, weil ihm durch die Luft weniger galvaniſches Fluidum, als dem unentblöſsten durch das Muskelfleiſch, entzogen wird.

Zeichen der *E* giebt, wenn ein brennender Schwefelfaden auf der Spitze deſſelben ſteckt, als wenn dieſe Spitze ſelbſt auf die ſchwachgeladene Luftſchicht wirkt *). Ich vermuthe, daſs dieſs für den practiſchen Meteorologen ſo nutzbare und wichtige Phänomen auf der vereinten Leitungsfähigkeit des heiſsen, luftdünnen Raumes, der Dämpfe und der Kohle beruht. Doch ſcheint die Luftverdünnung und Wärme dabei die weſentlichſte Rolle zu ſpielen. Denn ich habe gefunden, daſs die Flamme des Phosphors eben ſo gut als die eines Oeltochts leitet. Alle effluvia der Flammen, welche wir kennen, beſtehen aus Licht- und Wärmeſtoff, aus noch unzerſetzten, verkohlten, mechaniſch fortgeriſſenen Theilen des brennenden Körpers, aus Waſſerdampf (welcher groſsentheils aus Oxygen, und Hydrogen neu erzeugt iſt) aus Kohlenſäure, Oeldampf, unvollkommener Schwefelſäure, Phosphorſäure, oder andern zuſammen geſetzten Thier- und Pflanzenſäuren. Alle dieſe Subſtanzen ſind in einer luftverdünnten und an Sauerſtoff armen Atmoſphäre eingehüllt, welche ſich noch 3—4 Zoll über der letzten leuchtenden Schicht

*) Bennet in *Philoſ. Transact. Vol.* 77. *P. II. p.* 290. Leipziger Sammlung zur Phyſik und Naturgeſchichte B. 4. S. 431. Volta in den meteorol. Briefen S. 112. Das häufige Einſchlagen des Blitzes in Schornſteine rührt gewiſs oft mehr von der aus ihnen aufſteigenden Rauchſäule, als von ihrer eigenen geringen Höhe her. — Was Miles ſchon 1745 wuſste, wird von Herrn Heinrich 1789 wieder als problematiſch bezweifelt. S. deſſen Preisſchrift über das Schieſsen bei Gewittern in den Neuen Phil. Abh. der Bairiſchen Akademie B. V. n. 1.

leitend verhält. Wenn ich eine Glasröhre oder Siegellack auf Flanell reibe, so ist augenblicklich alle dadurch erregte *E* vernichtet, wenn ich 3—4 Zoll Höhe mit dem idioelektrischen Stoff über einer Flamme von Oeltocht, Wachslicht, brennbarer Luft, Schwefel oder Phosphor (mit diesen fünf Substanzen habe ich experimentirt) weg fahre. Eben so leitend ist der Rauch eines ausgeblasenen Lichts. Ganz anders ist es mit dem galvanischen Fluidum. Man isolire ein Wachslicht dadurch, dass man es auf Glas oder Schwefel klebt, und verbinde zwei Glieder der galvanischen Kette, da wo sie eine schmale Luftschicht trennt, durch eine Lichtflamme. Der Metallreiz bleibt eben so unwirksam, als wenn Siegellack oder Glas die Verbindung machte. Die Contraction der Muskeln oder die Geschmacksempfindung tritt erst ein, wenn die Metalle sich in der Flamme oder ausserhalb derselben unmittelbar berühren *). Man wende nicht ein, dass bei dem Brennen einer Substanz feste Stoffe in einen dampf- oder gasförmigen Zustand übergehen, dass bei diesem Uebergange *E* unaufhörlich gebunden **) und abgeführt werde und dass der Metallreiz also darum unwirksam sey, weil das galvanische Fluidum, wie das elektrische, in die Flamme ein-

*) Vergl. Pfaff a. a. O. S. 57.

**) Saussure *Voyage dans les Alpes Vol.* 3. *p.* 345. Wenn man an einem brennenden Wachslichte Kohlenstaub in das geschmolzene Wachs wirft, welches den Tocht umgiebt, so sieht man die leichten Körper unaufhörlich in gradlinigter Bewegung an den Tocht heran und von ihm zurück schwimmen. Hemmer und andere Physiker halten dies für ein elektrisches Anziehen und Abstossen. Entsteht die Erscheinung aber nicht vielmehr daher, dass

ſtröme, aber durch dieſelbe ſo abſorbirt werde, daſs nichts davon in den andern Theil der metalliſchen Kette überſtrömen könne. Gegen dieſe Einwendung zeugen mannichfaltige Erfahrungen. Würde die ± *E* welche die Flamme empfängt, ſo unaufhaltſam wieder durch dieſelbe zerſtreut, ſo würde ſie ſich auf Bennet's und Volta's Elektroſkop ganz anders verhalten. Die kleinſten Quanta von *E* welche kaum $\frac{1}{300}$ eines Voltaſchen Grades betragen, würden dann warlich nicht in die Strohhalme oder in die Goldblättchen übergehen, ſondern eben ſo ſchnell verjagt, als geſammelt werden. Ferner, wird das galvaniſche Fluidum durch Fuſs lange Gefäſse mit kochendem Waſſer wirkſam durchgeleitet, ohne daſs die metallnen Kettenglieder darinn in unmittelbarem Contact ſtehen. Sollte nun eine ſo groſse verdampfende Fläche nicht mehr *E* binden, als das kleine Flämmchen brennbarer Luft, welches aus einer Barometerröhre herausbrennt? Dazu zeigen alle galvaniſchen Verſuche, daſs das Ueberſtrömen des problematiſchen Stoffes nicht gehindert wird, wenn breite und tiefe Waſſerbehälter es fortleiten. Die Iſolation des galvaniſchen Fluidums durch die Flamme

das flüſſige Wachs, auf deſſen Oberfläche der Kohlenſtaub ſchwimmt, von den Haarröhrchen des Tochts, die dazu noch luftverdünnt ſind, angezogen wird. Die Stäubchen fahren daher gegen den Tocht zu ſichtbar bergan und fallen durch eigene Schwere gegen den Rand des Lichtes, der ebenfalls erhoben iſt, zurück. Hieraus wird, ohne Annahme der Elektricität, die Entſtehung einer in ſich rückkehrenden geradlinigten Bewegung denkbar.

kann also auch nicht als Folge der Ableitung betrachtet werden.

4) Heisses Glas leitet vollkommen die Elektricität und isolirt bei den galvanischen Versuchen. Wärmestoff macht alle Körper empfänglicher für die Elektricität. Warme Luft leitet leichter als kalte *), ein heisses Metall besser als ein kaltes. Ich habe Erze, die kaum als Halbleiter wirkten, dadurch zu vollkommenen Leitern der Elektricität gemacht, dass ich sie erhitzte. Mit der Erkaltung verlohren sie an Leitungskraft. Idioelektrische Substanzen werden leitend, wenn man sie erglüht. Herr Valli hat eben diess von dem galvanischen Fluidum behauptet. Der Versuch muss aber nur a priori angestellt seyn, denn weder Herrn Pfaff **), noch mir, hat es je glücken wollen, den Metallreiz wirken zu sehen, wenn rothglühendes, auch noch so dünnes Glas, brennendes Siegellack, heisser Schwefel oder geschmolzener Bernstein die Verbindungskette der Armaturen unterbrach.

Nach diesen Betrachtungen gewinnt die so voreilig angenommene Identität zwischen Elektricität und galvanischem Fluidum eine ganz andere Gestalt. Wir sehen, dass viele Stoffe beiden als gemeinschaftliche Leiter dienen, dass aber gerade die vollkommensten elektrischen Conductoren, wie Knochen, Flamme und luftverdünnte Räume, als Iso-

*) Dieser Satz ist für die Lehre von der Luftelektricität bei Winterfrost und Sonnenwärme wichtig. Vergl. Achard's Chym. phys. Schriften 1780. S. 263.

**) a. a. O. S. 56.

latoren bei den galvanischen Versuchen wirken *). Gleichartig sind also beide Stoffe, *E* und *G*, gewiss nicht. Aber wie, wenn der letztere, das galvanische Fluidum, eine Modification des erstern **) wäre?

Es ist allerdings denkbar, dass die Elektricität von andern Stoffen umhüllt, auch anderen Gesetzen folge, als sie ohne diese Umhüllung folgen würde. Dringen wir aber tiefer in die Natur der Kräfte ein, so müssen wir jene Frage abermals zurück nehmen, weil wir einsehen, dass sie nicht besser gefasst ist, als die: ob das Wasserstoffgas eine Modification der atmosphärischen Luft ist? Die Elektricität ist, wie Herr Deluc längst schon mit Recht behauptet hat, kein einfacher, sondern, gleich der

*) Auch die relative Leitungskraft der verschiedenen Metalle für die *E* stimmt nicht mit ihrem Verhalten bei den Erscheinungen des Galvanismus überein, wie schon Herr Pfaff S. 216. gezeigt hat.

**) Herr de la Roche führt diese Idee in seiner Zergliederung der sensiblen Functionen sehr sinnreich aus. „Newton, sagt er, hat zuerst behauptet, dass es eine sehr „subtile und elastische Flüssigkeit giebt, die im ganzen „Weltraume verbreitet ist, mit grosser Leichtigkeit alle „Körper durchdringt und geschickt ist, sich mit den Elementen zu verbinden, sie zu modificiren und von ihnen „modificirt zu werden. Diese Flüssigkeit mit dem Glase „verbunden und in Bewegung gesetzt, bringt die elektrische Erscheinung hervor; mit dem Eisen verknüpft, „giebt sie die Erscheinungen des Magnets und durch die „Modification, welche sie durch ihre Verbindung mit der „markigen Substanz des Gehirns erleidet, wird sie das „wesentlich wirkende Mittel aller Thätigkeiten in der „thierischen Oekonomie" Reil's Archiv der Physiologie B. 1. St. 1. S. 182.

atmosphärischen Luft, eine zusammengesetzte Flüssigkeit. Einige ihrer Bestandtheile sind erwiesen, andere lassen sich vermuthen. Nach Gren (das heisst nach dem System, welches dieser Chemist im Jahr 1793 aufstellte) sind Brennstoff und Säure; nach Lichtenberg Wärmestoff, Sauerstoff und Wasserstoff; nach Lampadius *) Wärmestoff, Phlogiston, Licht und eine phosphorartige Grundlage in dem elektrischen Fluidum enthalten. Ich glaube, dass es viel zu früh ist, die Elemente desselben anzugeben, da wenige elektrische Versuche von der Einfachheit sind, dass sie zu bestimmten Resultaten führen können.

Die Elektricität scheint als eine schwache Säure zu wirken. Ich liess heftige Schläge der Kleistischen Flasche durch die Blumenkrone der Vergissmeinnicht (Myosotis scorpioides) gehen und sah die himmelblauen Blumenblätter sich plötzlich ziegelroth **) färben. Der Versuch gelang oft nur an zwei petalis einer Corolle; die andern blieben ungeändert. Pristley sah Lakmustinctur bei durchströmender Elektricität sich plötzlich röthen. Hieraus folgt aber so wenig, als aus dem Geruch oder Geschmack, dass in der Elektricität etwas Säureähn-

*) Gren's Grundriss der Naturlehre 1793. §. 1046. Lichtenberg in Erxleben's Anfangsgründen der Naturlehre, 6te Auflage, Vorrede S. XXXI. Lampadius Versuch über die Elektricität der Atmosphäre, Cap. 2.

**) Ist dieser Versuch neu oder sind nicht ähnliche in einer alten Schrift von Krüger (deren Herr Gehler im Wörterb. I. S. 750. erwähnt, und welche ich mir noch nicht habe verschaffen können) enthalten?

liches enthalten ſey. Haben Priſtley und ich nicht in der atmosphäriſchen Luft experimentirt, alſo unter ſehr zuſammengeſetzten Bedingungen? Muſs nicht, bei jedem elektriſchen Schlage, ſich Azote mit Oxygen verbinden und eine Salpeterſäure niederſchlagen, die jene Erſcheinungen hervorbringen kann? Priſtley's und meine Verſuche ſollten in reinem brennbaren Gas wiederholt werden. Der letztere wäre aber auch dann noch vieldeutig. Die Farbenänderung geht in einem belebten Organ vor. So wie die erſte blaue Färbung des Blumenblatts das Reſultat eines organiſch chemiſchen Proceſſes, das Reſultat einer beſonderen Abſonderung und Enthüllung iſt, ſo kann auch die plötzliche Farbenveränderung Folge der vegetabiliſchen Lebenskraft ſelbſt ſeyn. In den Pflanzenſäften iſt unleugbar Kohlen-Waſſer- und Sauerſtoff enthalten. Wie alſo, wenn der elektriſche Schlag die Röthung des Blattes bloſs dadurch veranlaſste, daſs er als Reizmittel auf die erregbaren Organe wirkte, die vita propria derſelben umänderte und ſie veranlaſste, die ihnen eigenthümlichen Stoffe anders zu miſchen? Dann wären die Materialien zur Säurebildung (acidification) in den Gefäſsen ſelbſt gegenwärtig, und weder das elektriſche Fluidum, noch die umgebende Atmosphäre brauchte ſie zu enthalten. Eben ſo lieſse ſich auch der ſaure Geſchmack beim Einſtrömen der Elektricität in die Zunge erklären. Stickſtoff und Sauerſtoff ſind in den thieriſchen Organen unaufhörlich enthalten. Die einſtrömende Elektricität kann ihre plötzliche chemiſche Verbindung zu einer ſchwa-

chen Salpeterſäure veranlaſſen, und die Empfindung der Säure kann eine Folge jener Verbindung ſeyn. Bei dem Phosphorgeruch, welchen die Elektricität verbreitet, iſt ebenfalls zu bemerken, daſs wir ihn bisher nur in dem atmosphäriſchen Luftgemenge beobachtet haben, und daſs wir weder die verſchiedenen chemiſchen Verbindungen von Azote und Oxygen, noch die verſchiedenen Gerüche kennen, welche ſie bei verſchiedenen Graden der Sättigung verbreiten. Die Annahme einer Säure in der Elektricität iſt alſo gar nicht auf reinen Erfahrungen gegründet.

Das elektriſche Fluidum iſt bei ſeinem Durchgange durch jede irreſpirable, d. h. Sauerſtoffleere Gasart leuchtend. Es enthält demnach gebundenen Lichtſtoff. Ob es denſelben aus der Lebensluſt aufnimmt und ſich zueignet, bleibt unentſchieden, bis man mit iſolirten (etwa durch ein Uhrwerk bewegten) Elektriſirmaſchienen in Sauerſtoffleeren Gasarten experimentiren wird. Was läſst ſich überhaupt über den Lichtſtoff beſtimmen, deſſen Exiſtenz als eigene materielle Baſis noch ſo problematiſch iſt! Das Nichtleuchten der völlig luftleeren Barometer ſcheint indeſs für die Mitwirkung der Lebensluft bei Zuſammenſetzung des elektriſchen Stoffes zu zeugen! Achard ſah geſchmolzenen Schwefel durch elektriſche Schläge alkaliſch werden. Wenn man bedenkt, daſs ſelbſt die fixen Alkalien zuſammengeſetzt ſind, ſo wird dieſer Verſuch erklärbar ohne $+E$ für eine Säure und $-E$ für ein Alkali zu halten. Aus

einer feuchten *) atmosphärischen Luft kann durch das Spiel zusammengesetzter Affinitäten Stickstoff und Wasserstoff abgeschieden und zu einem Laugensalze verbunden werden.

Elektrische Schläge machen etwas Wärmestoff frei, weil sie durch Zersetzung der Atmosphäre einige Gasarten dem tropfbar flüssigen Zustande näher bringen. **) Das Steigen der Thermometer in dem elektrischen Strome, (welches zuerst Adams bemerkte,) rührt aber aus einer andern Ursach, aus dem in dem *E* selbst enthaltenen Wärmestoff her, da die Thermometer in der verdünnten Luft weit höher als in der verdickten, in jener in 16 Minuten von 45° F. bis 154½° F. in dieser von 60° F. bis 102° F. steigen. Das Strömen der Elektricität durch Alkohol, Schwefeläther, Terpenthinöl, Krausemünzöl und Kampfer geleitet, erzeugt Wasserstoffgas, durch reines und kohlensaures Ammoniac, Wasserstoff- und Stickgas. Der grosse Harlemer Experimentator, dem sowohl Physik als Physiologie belebter Stoffe die wichtigsten Entdeckungen verdankt, hat über diese Gegenstände die überzeugendsten Versuche angestellt. ***)

*) Wenn *E* durch Wasser schlägt, wird sehr oft Wasserstoff nur allein entbunden. Das Oxygen tritt an irgend eine feste acidifiable Base, die es in der Nähe findet. Van Marum *Première continuation des expériences électr.* p. 198. Gren's N. Journal B. 3. H. 1. S. 14. in der Note.

**) *Van Marum Continuation des expériences electriques,* 1787. *p.* 180.

***) Gren's N. Journal a. a. O. S. 1 — 17.

Je vollkommener ein Körper die Elektricität leitet, desto mehr Wärmestoff wird aus demselben frei. Degenklingen schmilzt der Blitz in luftdichten Scheiden. Dagegen bemerke ich bei der Butter einen sehr unvollkommenen Halbleiter, fast gar keine Erweichung, wenn ich Schläge der Kleistischen Flasche durchführe. Das Zünden durch Elektricität beruht blofs auf einer plötzlichen Erhöhung der Temperatur, in der die säurungsfähige Grundlage eine stärkere Ziehkraft zum Sauerstoff ausüben kann. Der durch schwache Elektricität beförderte Umlauf der Säfte in organischen Substanzen, die vermehrte Lebensthätigkeit derselben, so wie die gänzliche Erschöpfung der Fiber durch heftige Entladungen, wird ebenfalls durch die Wirkungen des Wärmestoffs erklärbar. Während dafs neue elektrische Materie sich erzeugt, wird Wärmestoff gebunden und Kälte erzeugt. Deshalb wird die Luftelektricität bei kalter Witterung meist stärker, als bei warmer, befunden. Kühlung nach dem Gewitter kann entstehen, weil nach der grofsen Zerlegung der elektrischen Materie neue Materie gebildet wird.

Reine Lebensluft und reines Stickgas werden durch *E* nicht verändert. Das Verkalken des Amalgams am Kissen wird mit Unrecht, als ein Beweis für das Daseyn des Sauerstoffs oder eine Säure im Oxygen angeführt. Alle unsere Kissen sind mit der sauerstoffhaltigen atmosphärischen Luft in Berührung, und das blofse Reiben kann, wie das Schütteln der Quecksilberkalke lehrt, (auch ohne auf den Wärmestoff in der *E* Rücksicht zu nehmen,) die Verbindung

des

des Metalls mit dem Oxygen der Atmosphäre befördern. Wichtiger sind die Versuche des Duc de Chaulnes und des Herrn Charles über das Verkalken der Metalle in irrespirablen, sauerstoffleeren Gasarten. Der Umstand, daſs bei dem Verkalken in atmosphärischer Luft eine jedesmalige Absorption *) der Lebensluft bemerkt wird, spricht allerdings gegen die Wahrscheinlichkeit, daſs die *E* selbst das Oxygen zur Oxydation hergeben solle. Aber Herr Charles hat nicht so genaue Rücksicht auf die Menge der Lebensluft genommen, welche bei seinen Versuchen noch in den irrespirablen Gasarten verborgen bleiben konnte, daſs diese Materie schlechterdings einer neuen Prüfung unterworfen werden muſs. Ich hoffe dieselbe bei mehrerer Muſse selbst zu unternehmen, und die Gasarten, wie ich es bei meiner Arbeit über das Leuchten des faulen Holzes gethan, durch Phosphor zu reinigen. — Wasserstoff scheint in der *E* nicht enthalten zu seyn, wenigstens erzeugt sich Wasser erst in einem Gemisch von Sauer- und Wasserstoffgas.

In den vorstehenden Sätzen ist alles zusammengedrängt, was wir uns bis hieher von den chemischen Eigenschaften und Bestandtheilen des elektrischen Fluidums zu wissen rühmen. Wir sehen daraus, daſs man sehr unlogisch manches in demselben enthalten glaubt, was den umgebenden Medien zugehört, und nur mittels der *E* aus diesen ausge-

*) Bei edeln, so wie bei unedeln Metallen, wie Herr Schmidt in Gieſsen erwiesen hat. Gren's N. Journ. B. 1. H. 4. S. 372.

ſchieden wird. Wir ſehen, daſs man dieſe als zu der Claſſe gasförmiger Stoffe gehörig betrachten könne, und daſs ſie unter dieſen die gröſste Maſſe gebundenen Wärmeſtoffs enthält. Es iſt möglich, aber nicht nothwendig, daſs ſie auſser dem Licht- und Wärmeſtoff auch noch andere vielleicht ganz unbekannte Materien (*x* und *y*) enthalte; es iſt möglich und ſelbſt wahrſcheinlich, daſs die poſitive *E* eine andere qualitative oder quantitative Miſchung, als die negative, habe. Es iſt aber auch denkbar, daſs es ſo wenig einen elektriſchen, als einen Wärme- und Lichtſtoff gebe, und daſs die bekannten ponderablen Baſen unter gewiſſen Umſtänden die Erſcheinungen erzeugen, welche ſich unſern Sinnen, als Elektricität, Licht oder Wärme darſtellen. *) Ueber dieſs alles iſt ſchwer zu entſcheiden, da wir die *E* nur immer im Augenblick ihrer Zerſetzung oder Decompoſition wahrnehmen, und ſie weder abgeſondert darſtellen noch mit der Wage verfolgen können.

Die Frage, ob das galvaniſche Fluidum eine Modification des elektriſchen ſey, hat demnach nicht mehr Sinn, als die: ob ein unbekanntes Gemenge von Luftarten eine Modification eines anderen unbekannten Gemenges ſey? Beiden kann Wär-

*) Dies ſchrieb ich nieder, ehe mir Herrn Scheerer's Nachträge zu den Grundzügen der neuen chemiſchen Theorie 1796 in die Hände fiel, ein Werk, welches ſich eben ſo ſehr durch den philoſophiſchen Gang der Unterſuchung, als durch muſterhafte Gründlichkeit auszeichnet, und in welchem unſere Vorſtellungsarten vom Licht- und Wärmeſtoff ſcharfſinnig berichtiget ſind.

me- oder Lichtstoff gemein seyn, jedem kann eine eigene, von allen anderen Elementen verschiedene Basis zukommen; ja, es ist sehr denkbar, dass das galvanische Fluidum nicht, wie die Elektricität zusammengesetzt, sondern einfach sey. Dem Wärmestoff ist dieses ohnedies eben so nahe, wo nicht näher, als der Elektricität verwandt. Man berufe sich auf die Versuche mit den sogenannten elektrischen Fischen, deren wir jetzt fünf kennen: Silurus electricus, Raja Torpedo, Gymnotus electricus, Tetrodon? Patersonii und Trichiurus indicus. Es ist noch gar nicht erwiesen, dass hier Elektricität im Spiel sey. Man untersuche die Facta, die Spallanzani, Walsh und Ingenhouss geliefert haben, und man wird finden, dass die Materie, durch welche jene Fische wirken, in eben das Dunkel gehüllt ist, über welches wir bei den galvanischen Versuchen klagen. Herr Kuhn hat bei diesen, wenigstens einigemal, ein Elektroskop afficirt gesehen. Bei den Zitterfischen war eine solche Erscheinung nie zu beobachten. Anziehen oder Abstossen von Fäden, Mittheilung an isolirte Menschen oder Kleistische Flaschen ist nie bemerkt worden. *) Alle Naturforscher leugnen auch die Existenz eines überströmenden Funkens; nur Walsh und Bayon **) haben denselben am Gymnotus

*) *Memorie di matematica e fisica della Società italiana, T. II. p.* 603.

**) Ingenhouss vermischte Schriften, Th. I. S. 31. *Rozier Journal de Physique, 1776. Oct.* — Wenn mehrere Menschen eine Kette bilden, deren äussere Glieder Kopf und Schwanz des Zitterfisches berühren, so ent-

electricus bemerkt. Wenn man aber bedenkt, daſs die heftigſten Entladungen jener Thiere ohne alle Lichtentbindung vor ſich gehen, ſo wird man geneigt zu glauben, daſs dieſelbe keine weſentliche Bedingung ſey, und daſs ſie in den von Walſh und Bayon bemerkten Fällen nur Nebenwirkungen der angeſtrengten Organe zuzuſchreiben ſind. Vielleicht habe ich bei einem künftigen Aufenthalte in ſüdlichen Ländern Gelegenheit zu unterſuchen, ob thieriſche Knochen den aus der Raja Torpedo ausſtrömenden Stoff wie den galvaniſchen iſoliren oder wie den elektriſchen fortleiten? Alles was durch Metalle geleitet und durch Glas iſolirt wird, darf nicht geradezu für elektriſches Fluidum ausgegeben werden.

Auch auf die Analogie der Nervenkraft mit dem Magnetismus, welche ſchon Herr Wrisberg im Jahr 1766. öffentlich vertheidigte,*) und für die (laut anderen) auch der Eiſengehalt des thieriſchen Körpers zu ſprechen ſcheint, iſt man in neueren Zeiten zurückgekommen. Allerdings ſprechen neuere Erfahrungen für die Wirkungen der magnetiſchen

ſtehen ganz unwillkührliche Entladungen, wie Herr Gehler erwieſen hat. S. Wörterbuch, B. 4. S. 878. Dieſe Erſcheinung iſt einer galvaniſchen ganz analog, und die Erſchütterung, welche die leitende Kette empfindet, muſs uns nicht irre machen, da auch das galvaniſche Fluidum bei ſeinem Durchgange die Sinnesnerven afficirt. Sollten die Schläge, welche der Fiſch bei der bloſsen Berührung mit Einer Hand giebt, nicht auch unwillkührlich, und meinen Verſuchen ohne Kette Fig. 9. analog ſeyn?

*) Haller's Grundriſs der Phys. S. 287. Note 106. Sömmering's Hirnlehre, §. 202. Note 9.

Kraft auf die belebte und erregbare Faser. Ich beziehe mich nicht auf Mesmer's Charlatanerien *) oder auf die fabelhaften, leider! von achtungswerthen Schriftstellern nachgeschriebenen Erzählungen des D. Schilling, **) sondern auf die Thatsachen, welche ein berühmter Genfer Arzt ***) bekannt gemacht hat. Was aber in den galvanischen Versuchen circulirt, kann schlechterdings nicht

*) *Rapport des Commissaires chargés de l'examen du magnetisme animal* 1784. Wenn aber auch Mesmer's und Anderer Manipulationen feiner Betrug sind, so folgt daraus noch gar nicht, dass alles Manipuliren physisch unwirksam sey, vielmehr müssen Herrn Pezold's Dresdner Versuche bei Naturforschern, die nicht gewohnt sind, facta von sich zu stossen, um Hypothesen aufzunehmen, die größte Aufmerksamkeit erregen. Es wäre zu wünschen, dass ein Magnetiseur, während der Action, pulsirende Herzen oder frisch präparirte Nerven eines Thieres zu berühren versuchte. Der Naturphilosoph muss alle Erscheinungen in Verbindung setzen; durch diese Verbindung allein schon tritt er den Ursachen näher.

**) Magnete sollen dem *Gymnotus electric.* seine erschütternde Kraft rauben, Eisenfeilspäne sollen sie ihm wieder geben u. s. w. *Nouv. Mém. de l'Académie de Berlin* 1770. *p.* 68. *Ingenhouss, Spallanzani, Walsh und Beerenbrock* haben diese Fabel längst widerlegt. (Ingenhouss Verm. Schr. Th. I. S. 413. *Spallanzani Lettera al Marchese Luchesini in den Opuscoli scelti di Milano* 1783. *p.* 85.) Dennoch heisst es in Gmelin's neuer Ausgabe des *Syst. Natur. T. I. P.* 3. *p.* 1138 noch: *Gymnot. electricus vi electrica dotatus magnetis ope turbanda et tollenda!*

***) *De la Roche* in der *Analyse des fonctions du système nerveux Tom. II.* 1778. übersetzt von Merzdorf 1794. Auch Herr Hufeland sah den Magnet beim Magenkrampf und Zahnweh wirksam.

magnetiſches Fluidum ſelbſt ſeyn, da dieſes weder durch Luftſchichten noch durch Glasſcheiben iſolirt werden würde. Auch hat der groſse Phyſiologe Herr Kielmeyer dieſe Identität nie behauptet, wie ihm in Gehlers Wörterbuch (B. 5. S. 293.) Schuld gegeben wird. Es iſt eine Polarität denkbar, die von der magnetiſchen unendlich verſchieden iſt. Beim Veitstanze werden die angeſchwollenen Muskeln erſchlafft, wenn man ſie mit einer Eiſenſtange berührt. Andere Metalle, auſser dem Eiſen, fand Herr Scheerer (zu Wien) ſo unwirkſam, als Glas und Siegellack. Dieſe Entdeckung iſt ſehr wichtig. Dürfen wir aber unmittelbar daraus ſchlieſsen, daſs es magnetiſche Kraft ſelbſt iſt, welche den Muskel bewegt?

Vielleicht aber ſind galvaniſches, elektriſches und magnetiſches Fluidum verwandt und verſchieden, wie thieriſches Blut, Milch und Pflanzenſaft. Die formende und miſchende Natur ſetzt aus wenigen Urſtoffen Materien zuſammen, welche die wunderbarſte Mannichfaltigkeit von den Erſcheinungen darbieten. Jahrtauſende muſsten vergehen, ehe die Menſchen den groſsen Aſſimiliationsproceſs, die Umwandlung vegetabiliſcher Materie in thieriſche, mit der Klarheit und Gründlichkeit einſehen lernten, als ſie uns Herr Fourcroy in ſeiner Philoſophie chymique geſchildert hat. Vielleicht wird eine Zeit kommen, in der wir mit eben der Klarheit erkennen werden, durch welche Nahrungsmittel die Anhäufung des galvaniſchen Fluidums in der Nerven- und Muskelſubſtanz vermehrt oder vermindert

wird. Vielleicht endlich find die Urfachen der galvanifchen, elektrifchen und magnetifchen Erfcheinungen nicht in eigenen Stoffen, fondern in beftimmten Verhältniffen der ponderablen Beftandtheile des Thierkörpers gegründet, in Verhältniffen aber, die analoge Bedingungen vorausfetzen, und durch Verfchiedenheit der Nutrition modificirt werden?

So unbekannt wir indefs bis jetzt auch über die Natur der Urfache find, welche fibröfe Erfchütterungen veranlafst, fo ift die Klage dennoch fehr ungerecht, dafs wir feit des Koifchen Meifters Zeiten in diefer Materie um nichts vorgerückt find. Diefe Klage ift denen verzeihlich, welche das Neuere verachten, um fich dadurch das Anfehen zu geben, als wenn fie das Aeltere kennten. Wer den Fortfchritten der Phyfiologie belebter Thier- und Pflanzenftoffe gefolgt ift, den darf ich laut auffordern, das, was der grofse Haller über die fogenannten Lebensgeifter gefammelt hat, *) mit dem zu vergleichen, was wir am Schluffe diefes Jahrhunderts davon wiffen. Wer konnte vormals nur die Möglichkeit faffen, dafs die unmittelbare Berührung eines Muskels mit feinem inferirten Nerven eine Muskular-Contraction erregen, oder dafs man aus den Organen viele hundert und taufend Fufs weit die thierifche Flüffigkeit ableiten **) kann, von welcher die fibröfe

*) Grofse Phyfiologie, B. 4. S. 563—618.

**) Phyfiker, welche die Circulation eines eignen elektrifchen, magnetifchen oder galvanifchen Stoffs bezweifeln, werden diefe Stelle alfo überfetzen: wer konnte vormals die Möglichkeit faffen, wie ein entblöfster Nerv viele hundert Fufs weit von fich Veränderungen hervor-

Bewegung abhängt? Wer konnte vormals die Aehnlichkeit oder Verschiedenheit zwischen dem elektrischen und sogenannten Nervenfluidum mit dem Detail untersuchen, als es in diesen Blättern geschehen ist? Doch wir verweilen nicht selbstgefällig bei dem, was in diesem Jahrzehend geleistet ist, und wenden nützlicher unsern Blick auf die reiche Erndte, die noch vor uns liegt, und die wir auf dem Weg des Experimentirens und der Beobachtung grossen Theils erringen werden.

Ich habe bereits oben bei der Entwicklung meiner dynamischen Theorie über die Erscheinungen des Galvanismus bemerkt, dass dieselbe nicht nur die Coexistenz mitwirkender chemischer Ursachen nicht ausschliesset, sondern, dass ich es vielmehr für sehr wahrscheinlich halte, dass die eigenthümliche elektrische Ladung der Metalle ihre Temperatur, ihr Einfluss auf Verdampfung und Zersetzung tropfbarer und luftförmiger Flüssigkeiten die Hindernisse modificirt, welche den Durchbruch jener wirksamen thierischen Materie verstärken. Hier ist der Ort, wo ich diese Behauptung näher entwickeln, das heisst, sie an andere, zum Theil wenig beachtete Erscheinungen anreihen muss. — Die Wirkung einer Dampfbelegung auf einer Fläche des Leiters lässt sich allerdings, wie S. 397. gezeigt ist, auf die Be-

bringen kann, wie in dem Experimente, wo die Zungenwarzen afficirt werden, wenn sie irgendwo einen Eisendrath berühren, der die Kette zwischen einem Nerven und Muskel bildet.

griffe von Widerſtand und Gegendruck reduciren. Dieſe Reduction gewinnt dadurch an Wahrſcheinlichkeit, weil ſie die Möglichkeit zeigt, wie die Ketten Nerv. *P. H. p. P.* und Nerv. *P. H. p. H. P.* bei erhöhter Reizempfänglichkeit beide poſitiv ſeyn können. Sollte aber die Feuchtigkeit hiebei nicht noch eine andere Rolle ſpielen, als die der ſchnellern Zuleitung?

Schon Volta uud Cavallo hatten entdeckt, daſs Waſſerdampf, welcher aus beſprützten glühenden Kohlen aufſteigt, poſitiv iſt. Daraus war übereilt geſchloſſen worden, daſs bei allen Verdampfungen der Zuſtand der Körper, auf welchen dieſelben vorgingen, negativ ſey. *) Der groſse Genfer Naturforſcher hat durch eine Reihe hinreichender und feiner Verſuche dieſen Irrthum widerlegt. Herr von Sauſſure fand, daſs die poſitive und negative Ladung des Dampfes durch die Natur der Fläche, welche die Verdampfung erregt, modificirt werde. **) Eiſen und Kupfer, in Berührung mit Waſſer, Alkohol oder Aether, zeigten

*) *Rozier Journ. de Phys.* 1783. *Aoút.*

**) *Sauſſure Voyage dans les Alpes, Vol.* 3. *p.* 315 — 345. Auf die Verdampfung ſelbſt hat die Verſchiedenheit der Metalle einen Einfluſs, deſſen Geſetze noch gar nicht gehörig erörtert ſind. Auf Eiſen und Kupfer zu gleichen Temperaturen erhitzt, verdampfen in gleichen Zeiten nicht gleiche Waſſermaſſen. Hierauf gründet ſich die Charlatanerie der Bader, welche die Güte der Raſirmeſſer nach der Schnelligkeit beurtheilen, mit der der ausgehauchte Waſſerdampf auf der Klinge verdampfet. Die verſchiedene Kohlung des Eiſens beſtimmt dieſe Schnelligkeit.

meist + *E*, Silber und gebrannter Thon meist — *E*. Wenn das erhitzte Silber einmal + *E* gab, so schien es, als käme diese *E* von einer fremdartigen Beimischung her; denn als der silberne Tiegel mit Salzgeist ausgesiedet ward, blieb die *E* immer negativ. Diese Entdeckung ist in der That überaus wichtig, und als sie Saussure bekannt machte, ahndete er gewiss nicht, dass sie je einmal mit der Irritabilität der Muskelfaser in Beziehung gesetzt werden könnte. Als ich den Versuch über den unmittelbaren Contact organisch verbundener Theile noch nicht angestellt hatte, und die Erscheinung des Galvanismus einer äusseren Ursache zuzuschreiben geneigt war, glaubte ich in jener Saussureschen Entdeckung den Hauptschlüssel des gesuchten Problems gefunden zu haben. Wenn zweierlei Metalle, dachte ich, Kupfer und Silber, z. B. an den feuchten Organen anliegen, so wird die thierische Feuchtigkeit an den Metallen verdampfen, und verschiedenartige Elektricitäten erwecken. Freilich hat Herr von Saussure dieselben nur bei 80° R. und nie bei minderen Temperaturen bemerkt, aber wie schwach und unvollkommen sind unsere todten Elektroskope gegen die leise Erregbarkeit eines thierischen Organs. Was eine heftige Verdampfung im Grossen hervorbringt, muss auch die schwächste im Kleinen bewirken. Jede Armatur erweckt also eine eigne *E*, und die Verbindung derselben, der positiven und negativen veranlasst eine Explosion, welche als äusserer Stimulus auf die Organe wirkt. Die verschiedene Excitationsfähigkeit der Leiter kann, schloss ich

weiter, darauf beruhen, dafs die Metalle eine mehr oder minder ftarke Ladung durch die Verdampfung empfangen. Nach den Genfer Verfuchen fchienen die edeln Metalle, Thon und andere Stoffe, welche das Waffer verdampfen, ohne es zu zerfetzen, eine negative; diejenigen Metalle, welche bei der Verdampfung Wafferftoffgas erzeugen, eine pofitive Elektricität hervorzubringen. Die erfteren treten in einen negativen Zuftand, weil fie ihr eigenes + *E* zur Bildung des Dampfes hergeben; den andern wird dies + *E* durch das, bei der Wafferzerlegung entbundene elektrifche Fluidum reichlich erfetzt. *) Diefe Betrachtungen fchienen mir zu erklären, warum fich Zink und Silber, Blei und Gold fo wirkfam bei dem Metallreiz äufsern. Gold und Silber geben als verdampfende Flächen — *E*. Mit Zink und Blei find noch keine Verfuche angeftellt; aber aus der Leichtigkeit, mit welcher beide das Waffer zerlegen, ift zu vermuthen, dafs fie (wie Eifen und Kupfer) + *E* geben. Homogene Metalle können bei gröfserer Erregbarkeit der Organe Contractionen erregen. Denn es fcheint unmöglich, beide Schenkel des Leiters zugleich anzulegen. Entfteht nun in dem früher angelegten, während der Verdampfung + *E*, fo wird dadurch im andern Schenkel (vermöge der bekannten Gefetze) der entgegengefetzte Pol, — *E* erwecket. Tritt nun diefer negativ geladene auch in Contact, und erzeugt die Verdampfung in ihm + *E*, fo wird eine fchwache Explofion zwifchen + *E* und — *E* erfolgen. Ift das Organ für

*) a. a. O. S. 338.

diese aber nicht empfänglich, so muſs auch alle fibröse Erschütterung ausbleiben, denn in den Ketten Nerv. *P*. *P*. oder Nerv. *P*. *p*. *P*. liegen bloſs homogene Metalle an den verdampfungsfähigen Organen, und zwischen gleichnahmigen Elektricitäten ist keine Entladung denkbar. Wird das heterogene Zwischenmittel *p*, aber auf einer Fläche behaucht, so wird auf diesem — *E* (oder + *E*) erzeugt, wenn *P*, und *P*. + *E* (oder — *E*) haben. Der Hauchversuch Nerv. *P*. *H*. *p*. *P*. muſs also, nach dieser Dampftheorie, allerdings die fibröse Erschütterung verkündigen, welche die Erfahrung bestätigt. Wenn es gegründet ist, daſs die Erdstöſse bei vulkanischen Explosionen von einem Wassersturz in den glühenden Crater und einer ungeheuern Masse dadurch entbundener Elektricität herrühren, so schien es auffallend, daſs einerlei Kraft den Erdkörper, und die zarte Muskelfaser der Naide erschüttert!

Diese Ideen, welche die Lesung der Saussureschen Alpenreise in mir erweckte, und welche während meines Aufenthalts in Bex und St. Pierre (am Fuſse des Bernhards) mich aufs angenehmste beschäftigten, eilte ich meinen Genfer Freunden mitzutheilen. Sie freuten sich mit mir über die glänzende Aussicht, welche zur Lösung des galvanischen Problems geöfnet schien, und zu welcher so einfache Thatsachen gleichsam von selbst hinführten. Herr von Saussure warnte mich indeſs (und warum sollte ich der edeln Selbstverläugnung und Wahrheitsliebe des groſsen Mannes nicht erwähnen?)

ſeinen eignen Verſuchen nicht zu unbedingt zu trauen; er rieth mir, ſelbſt zu experimentiren und alle Facta aufs neue zu vergleichen.

Dieſe neue Reviſion überführte mich von meinem Irrthume noch ehe ich zu dem Experimentiren ſelbſt ſchreiten konnte. Wenn Waſſer auf Kohle verdampſt, ſo entſteht, trotz der Waſſerzerſetzung (welche gewiſs heſtiger als beim Zink iſt) nicht poſitive, ſondern ſtets negative Elektricität. Und gerade dieſe Kohle giebt mit dem auch negativen Silber heſtigere Contractionen als mit dem Eiſen. Ferner glücken die galvaniſchen Verſuche vollkommen unter Waſſer und Oel. Wo iſt hier, wo alle Organe und Metalle verſenkt ſind, der Begriff von Verdampſung auch nur denkbar. Auf eine Theorie alſo, die allein oder hauptſächlich auf den elektriſchen Zuſtand der Leiter in Berührung mit evaporabeln Subſtanzen beruht, muſs man Verzicht thun.

Wenn aber auch die galvaniſchen Erſcheinungen in vielen Fallen eintreten, in denen keine Verdampſung wirkſam iſt, ſo kann dieſelbe doch in vielen anderen Fällen eine wichtige Nebenrolle ſpielen. Es iſt ſehr denkbar, daſs nicht bloſs der oben erwieſene perpetuirliche Ladungszuſtand trockner Metalle die Hinderniſſe modificirt, welche ſich dem galvaniſchen Fluidum bei ſeinem Durchgange entgegen ſtellen, ſondern daſs auch dieſe Hinderniſſe durch die Verdampſungen an den feuchten Metallen vermehrt oder vermindert werden. Es iſt denkbar, daſs der Durchbruch in der Kette

Nerv. *P. H. p. P.* nicht blos darum später (und also heftiger) als in Nerv. *P. p. P.* geschieht, weil in jener die Ziehkraft des mittleren Theils der Leitung *p* (gegen *P* und *P*) durch *H* gemindert wird, und der eine Strom also langsamer dem andern zu Hülfe kommt, sondern auch, weil durch die feuchte Belegung des heterogenen Metalls, *p*, eine Elektricität erregt wird, welche der *E* der schon durchdrungenen Armaturen mit *P* und *P*. entgegen gesetzt ist.

Aber auch ohne Verdampfung kann die chemische Zersetzung thierischer Lymphe durch die Leiter einen wesentlichen Einfluss auf den Durchbruch des galvanischen Fluidums haben. Auffallend ist es allerdings, dass gerade die Stoffe, welche eine so genaue Affinität zum Sauerstoff äussern und daher alle Sauerstoffhaltige tropfbare Flüssigkeiten so leicht zersetzen, wie metallische und kohlenstoffhaltige Substanzen, eine wichtige Rolle unter den Excitatoren spielen. Einige Physiker haben hierinnen die Auflösung des ganzen galvanischen Systems zu finden geglaubt. Herr Fabbroni zu Florenz schreibt in einem Brief an Herrn von Crell *): „Ich habe mich überzeugt, „dass die Erscheinungen des Galvanismus von einer „blofs chemischen Kraft herrühren, welche die trock„nen und kalten (?) Metalle wechselseitig ausüben, „um den Feuchtigkeitsstoff und die thierische Lymphe „wechselseitig zu zersetzen." Herr Creve hat ähnliche Ideen in dem 14ten Stück des Journals der Erfindungen und Widersprüche in der Arzneiwissen-

*) Chemische Annalen 1795. St. 12. S. 503.

ſchaft *) angekündigt. Er glaubt die wahre Natur des Metallreizes entdeckt zu haben und behauptet: „daſs vermittelſt zweier mit einander verbundenen „Metalle, oder eines Metalls und der Kohle, das entweder den Nerven oder den Muskel umgebende „Waſſer in einer gewiſſen Menge zerſetzt werde, indem der das Waſſer zum Theil bildende Sauerſtoff „wegen der nahen Verwandſchaft zu den Metallen „und dem Kohlenſtoff, ſich vom Waſſerſtoff losreiſst. „Dieſe Zerſetzung geſchieht zwar an dem unmittelbar die Metalle berührenden Theile des Waſſers, „wirkt aber in einem entfernten Kreiſe." Herr Creve hat „eine ähnliche Erſcheinung oft bei ſeinem Frühſtück wahrgenommen. Warf er ein Stück Zucker „in ſein einfaches Theewaſſer, überlieſs er daſſelbe „eine Zeitlang ſeiner Auflöſung und berührte er dann „die Oberfläche des Theewaſſers mit der Zungenſpitze ſo empfand er keinen ſüſsen Geſchmack, je „näher er aber mit der Zungenſpitze dem Zucker kam, „deſto lebhafter empfand er Stuffenweiſe den ſüſsen „Zuckergeſchmack!" Er verſichert uns, daſs die Chemie, Phyſiologie und praktiſche Heilkunde die wichtigſten Aufſchlüſſe von dieſer Entdeckung der Natur des Metallreizes zu erwarten habe. Selbſt auf die angewandte Mathematik ſoll ſich ihr wohlthätiger Einfluſs erſtrecken. „Was „(ſagt Herr Creve,) wird nicht die Hydraulik gewinnen, wenn wir den Einfluſs metallener Röhren „auf das Waſſer in einige Erwägung bringen?" Laut

*) S. 130. Vergl. Medic. chirur. Zeitung, Salzb. 1796. n. 1.

dem 18ten Stücke der medicinisch-chirurgischen Zeitung *) glaubt er nun nicht mehr, dass das Hydrogen für sich die belebten Nervensasern afficire; er zweifelt nicht mehr daran, dass bei dem Galvanisiren das elektrische Fluidum in Umtrieb gesetzt werde; sondern er behauptet vielmehr: „dass bei der Anlegung „der Metalle an die thierischen Theile zuförderst ein „chemischer Process Statt habe, bei welchem die „zwei Metalle das Wasser in seine nächsten Bestand„theile zerlegen, zu gleicher Zeit eine Quantität „Wärmestoff noch hinzuleiten, der sich mit dem, „während der Zerlegung des Wassers frei geworde„nen vereint. Der Sauerstoff verbindet sich sodann „mit dem Metall und der Wasserstoff mit dem Wär„mestoff; es entsteht aus der Verbindung der letzteren „ein elektrisches Wesen, welches als Product „des Processes eigentlich die nächste Ursach des Me„tallreizes ist. Gardini hat bewiesen, dass das „elektrische Feuer aus Wasserstoff und Wärmestoff „zusammengesetzt sey."

Ich erstaune in der That, wie Herr Creve in diesen Ideen die Auflösung des grossen Problems finden kann. Ich will ihm zugeben, (was ich mit den Herren Van Marum, Volta, Lichtenberg, Fourcroy, Cavendish und so vielen andern grossen Physikern für sehr unerwiesen halte,) dass das elektrische Fluidum ein feines Wasserstoffgas sey; ich will zugeben, dass ein Metall bei jeder Temperatur das Vermögen habe Wasser augenblicklich zu zersetzen;

*) Von 1797. St. 18. S. 324.

ſetzen; ich will zugeben, daſs in der Medullarſubſtanz des Nerven, wo ſie die Armatur berührt, wirkliches Waſſer und zwar in Menge zugegen ſey — und bei allen dieſen Annahmen weiſs ich mir die einfachſten galvaniſchen Verſuche nicht zu erklären, die Verſuche ohne Metall und Kohlen, mit bloſsen Leitern von thieriſchen Theilen. Man trennt ein Stück vom Schenkelnerven eines recht erregbaren Froſches, und ſchiebt daſſelbe mittels einer Glasröhre zwiſchen den Nerven und ſeinen Muskel. Es erfolgen lebhafte Contractionen. Dieſe Beobachtung habe ich nicht allein oder zuerſt gemacht. Sie iſt den Herren Galvani, Volta, und Aldini längſt bekannt geweſen. Wodurch wird denn hier das Waſſer zerſetzt? Noch mehr: man nehme an, daſs auch alle feuchte Stoffe, ein getrenntes Nervenſtück z. B. oder naſſer Bindfaden die Fähigkeit haben das Waſſer zu zerſetzen; wie iſt es wahrſcheinlich, daſs ein Atom von frei gewordenem Hydrogen, ein Minimum von Elektricität kräftige Muskularerſchütterungen errege, während daſs eine unendlich beträchtlichere Quantität künſtlich erregter Elektricität, (die einer geriebenen Stange Siegellack oder einer geriebenen Glasröhre) in die Organe geleitet, keine Spur einer Bewegung hervorbringt?

So unwahrſcheinlich es demnach auch iſt, daſs plötzlich freigewordenes Hydrogen die Urſach der galvaniſchen Contractionen ſey, ſo gegründet iſt die Vermuthung, daſs chemiſche Veränderungen, welche der Contact der Metalle mit verſchiedenen Flüſſigkeiten hervorbringt, den Durchbruch des Fluidums

G modificiren können. Was nicht Hauptbedingung einer Erscheinung ist, kann doch als Nebenbedingung eine wichtige Rolle spielen. Jede leise Oxydirung der Leiter, jede Umhüllung desselben durch Sauerstoff mindert (wie im sechsten Abschnitt gezeigt ist,) ihre Leitungskraft. Nimmt man also an, daſs bei dem Hauchversuche

Nerv. *P. H. p. P.*

Wasser zerlegt werde, so kann diese Zerlegung auf dreifache Weise wirken. Die Metalle *P* und *p* können durch eine geringe Verkalkung dem durchströmenden *G* neue Hindernisse entgegensetzen, oder ihre Leitungsfähigkeit kann durch eine plötzliche Erkältung (als Folge der Verdampfung und chemische Zersetzung) gemindert werden, oder die, bei der Zersetzung vom Wasser, vom flüssigen Ammoniak und vom Alkohol frei werdende Stoffe, (Hydrogen, Azote und Kohlenstoff) können sich dem ihnen vielleicht verwandten galvanischen Fluidum beimischen und demselben seinen Durchgang erschweren oder erleichtern. Ja, die bloſse Erwärmung und Erkältung eines Metalls, ohne alle Mitwirkung feuchter Stoffe, erregt schon eine *E*, welche Herr Vassali *) an einem Elektrometer (das die Ladung von $\frac{1}{700}$ Gran Schwefel miſst) beobachtet hat. In so feinen Materien muſs man auch unwesentlich scheinende Umstände nicht übergehen.

Ueberhaupt deuten einzelne Erfahrungen auf ein unbekanntes Verkehr zwischen Elektricität und

*) Hrn. v. Crell's chemische Annalen, S. 1795. S. 518.

Waſſer, oder Elektricität und Lebensluft. Cuthbertſon hat entdeckt, daſs eine Kleiſtiſche Flaſche ſtärker geladen wird, wenn man den unbelegten Theil derſelben mit Dampf beſchlagen läſst. *) Eine poſitiv elektriſche Atmosphäre wird nach Read's Verſuchen **) negativ, wenn durch athmende Thiere oder Fäulungsproceſſe der Sauerſtoff daraus abgeſchieden wird. Stehen dieſe Verhältniſſe, über die es noch an abgeänderten Verſuchen fehlt, mit meinem Hauchexperiment in Verbindung?

Wenn der Verſtand um die Urſachen räthſelhafter Erſcheinungen verlegen und durch lange Gewohnheit noch nicht in eine träge Gleichgültigkeit verfallen iſt, ſo greiſt er gleichſam ſpielend zu den entfernteſten Analogien, um aus ihnen Licht über das ſtreitige Problem zu ziehen. Manipulation, Thouvenel's Erz- und Waſſerſucher, das Drehen vom entblöſsten Degen auf zwei Fingerſpitzen, das Kreiſen eines an einem hanfenen Faden aufgehangenen Schwefelkieſes über metallenen Platten waren nie ſo ernſthafte Gegenſtände des Nachdenkens, als ſeitdem die galvaniſchen Verſuche von Italien her zu uns kamen. Was man vormals Ruthengehen nannte, belegt man jetzt mit dem feineren und empfehlenderen Namen unterirdiſche Elektrometrie. Weit davon entfernt, von dem Speculiren

*) *Allgemeene Eegenſchappen van de Electricität, tot Amſteld.* 1782 — 1794 im dritten Theil. — Göttinger Taſchenbuch, 1796. S. 183.

**) *Phil. Transact. for the year,* 1794. *P. II. p.* 266.

über Dinge abzumahnen, deren Daſeyn eben ſo ſchwer zu erweiſen als ihre Unmöglichkeit ſchwer zu beſtreiten iſt, wünſche ich nur, daſs man unpartheiiſch und vorurtheilfrei experimentire, abgeänderte Verſuche wiederhole und alle Nebenumſtände betrachte. *) Es iſt gewiſs, daſs auch die kleinſte Maſſe von Materie in den gröſsten Entfernungen auf andere Materie wirkt; gewiſs, daſs durch das Anzünden einer Fackel die Temperatur des ganzen Luftkreiſes abgeändert wird; gewiſs, daſs Waſſer, welche in groſser Tiefe flieſsen, durch ein Minimum von Dämpfen die Natur der darüber ſtehenden Luftſchicht modificiren — ob aber die Veränderungen, welche jene Urſachen bewirken, groſs genug ſind, um von menſchlichen Organen **) empfunden zu werden, dieſs können wir nicht entſcheiden, da es kein abſo-

*) Durch welche Kraft wirken einige Schlangenarten durch bloſses Anſehen auf das Nervenſyſtem anderer Thiere? Aus den Thatſachen, die Herr Vaillant in ſeiner neuen Reiſe bekannt gemacht, ſieht man, daſs die bisherigen Erklärungen, welche von giftigen Ausdünſtungen oder betäubendem Schrecken hergenommen wurden, nicht befriedigend ſind. Menſchen verlieren ihre Muskelkraft, wenn die Augen der Schlange auf ſie geheftet ſind, ohne daſs ſie das Thier ſelbſt ſehen. S. die Geſchichte eines Offiziers auf Ceylan in Le Vaillant's Neue Reiſen in das Innere von Afrika, 1796. B. 1. S. 84.

**) Der Abt Giraud Soulavie glaubte ſogar Beziehungen zwiſchen dem Charakter der Menſchen und den Gebirgsarten, auf denen ſie wohnen, zu bemerken. In Baſaltreichen Gegenden iſt das Volk zu religiöſen und politiſchen Revolutionen ſehr geneigt. Vergleiche meine Mineralogiſche Beobachtungen über einige Baſalte am Rhein, 1790. S. 20.

lutes Maafs für das Maximum der Erregbarkeit giebt. Die Thatfachen, welche von Herrn Thouvenel's Wundermann, der ein dreifaches lebendiges Hydrofkop, Anthrakofkop und Metallofkop vorftellte, bekannt geworden find, müffen, wenn man fie zergliedert, gerechtes Erftaunen *) erregen. Wenn man bedenkt, dafs Pennet unter den Augen der Grafen Gazola und Niccolo da Rio, des Abts Olivi von Chioggia, der Profefforen Toaldo, Gallini und Mandruzzato operirte, fo kann man fich (auch ohne das Vertrauen, welches Thouvenel's liebenswürdiger Charakter einflöfsen könnte,) den Gedanken nicht erlauben, die günftigen Verfuche einer feinen Betrügerei, oder dem blofsen Zufall zuzufchreiben. Herr Fortis fagt hierüber fehr wahr: „*fe un numero di fatti affirma-„tivi circoftanziati e garantiti da perfone fuperiori ad ogni „accezione non bafta a ftabilire irremovibilmente la teoria „del Sig. Thouvenel, poiché ha pur un numero di fatti „negativi a fronte, dee però baftare a far fi, che tutti „coloro, che afpirano alla qualificazione di fenfati „uomini, ceffino dal declamare contro di effa fragionando, „e più ancora dell abandonarfi a quell' irrifione che non e „mai figlia del vero fapere ch' é mai fempre creanzato e*

*) *Réfumé fur les expér. d'Electrometrie fouterraine faites en Italie et dans les Alpes depuis* 1789 — 1792, *Brescia* 1793. *Experienze efeguite da Pennet in Verona nel mefe di Giuglio* 1793. *per D. Ramanzini. Lettera del Sign. Abate Spallanzani fu gli fperimenti a Fierenze* 1791. *Lettera del Abate Alberto Fortis fu gli fperim. di Pennet nel regno di Napoli, nella Romagna e fullo ftato Veneto.*

„*modesta in conseguenza del conoscere d'essere assai circostritto. Una prudente sospensione, uno zelo discreto, ed ingenuo per lo scoprimento della verità e per la difesa di essa e quanto conviene ai dotti ed agli onesti in sifatti casi.*" Das Experiment mit dem Schwefelkiese setze ich in eine Classe mit dem über das Drehen des Degengefafses, welches zwei Menschen halten, und das ein dritter (in dessen Atmosphäre jene stehen) durch das Reiben der Hand auf der entblofsten Brust sich bald rechts, bald links zu wenden zwingt. Wiederholte Versuche haben mich überzeugt, beides bis jetzt für Täuschung zu halten. Der Degen dreht sich oft, ohne dafs man sich einer Bewegung bewufst ist, oder ohne dafs die dritte Person zu reiben angefangen hat. Er wendet sich im Drehen um, wenn er, der Theorie nach, die entgegengesetzte Richtung nehmen sollte. Bei der Glätte der Berührungsfläche, dem Zittern in den Fingerspitzen zweier Menschen, deren Aufmerksamkeit gespannt ist, bei zufälligen Luftbewegungen ist kein reines und höchstens ein negatives Resultat zu erlangen. Ich habe, wie es der Graf Fantuzzi vorschreibt, Schwefelkieswürfel an seidne oder hanfene Fäden gehangen, und über Platten von edeln Metallen und Holztafeln kreisen lassen. Wenn mir die Augen verbunden waren, so versicherten alle Anwesende, dafs der Würfel durch das untergelegte Metall in seiner Ruhe nicht gestöhrt werde. Aber leider! mag wohl ich und alle, die mit mir das italienische Experiment wiederholten, zu der Gattung von Menschen gehören, die von der Natur so ver-

wahrloſet ſind, daſs die edeln Metalle nicht reizend genug auf ſie wirken.*)

Ich komme auf Erſcheinungen zurück, die in der Wahrnehmung weniger zweifelhaft ſind, und die allerdings mit dem Galvanismus zuſammen zu hängen ſcheinen. Wenn wir aufmerkſam auf die Zuſammenſetzung galvaniſcher Ketten ſind, ſo ſehen wir, daſs die Berührung verſchiedenartiger Metalle eine der wichtigſten Rollen dabei ſpielt. Wirkt, dachte ich oft, dieſes Verhältniſs bloſs dadurch, daſs es den Strom des Fluidums G aufhält, und eine

*) „*Uno ſperimento aveva dimoſtrato al Signor Conte „Marco Fantuzzi (Cavaliere Ravignano) eſiſtere delle „diſpoſizioni particolari in differenti individui, che „ſembrano negate del tutto alla maggior „parte. Jo non conosceva l'azione dei metalli ſu la „pyrite di ferro, tenuta da un uomo penzoloni appeſa „ad un filo, a non gran diſtanza dalla particolare loro „atmosfera. Jo l'ho veduta la prima volta a Gualdo „dove anche l'ho provata in perſona mia*" (der Abt Fortis ſchreibt an Spallanzani) „*Chiudete in uno „de' tiratoj del voſtro ſcrittojo, ſotto quanto più „groſſa e doppia tavola volete, una ſomma d'oro o „d'argento, o lavori di tali ſoſtanze, che abbiano qual- „che volume. Abbiate appeſo ad un filo di lino, „canape o ſeta (colla lana non l'ho ancor provata) una „di quelle pyrite cubiche, che volgarmento ſon dette „Pietre degl' Incas; e il filo ſia per eſempio lungo due „piedi.. Tenetevi discoſto dallo ſcrittojo, per non „toccarlo con alcuna parte della perſona; e portate ſu „la parte di eſſo, che copre i prezioſi metalli, la „voſtra pyrite appeſa, tenendone il filo fra il pollice „e l'indice. Poco ſtarà che, ſe avete l'opportuna „diſpoſizione, la pyrite incomincerá o a girare, „formando un cerchio ſempre crescente, o ad oscillare „formando una ſtrettiſſima eliſſe. In mano mia fà „queſt' ultimo effetto; in mano al Conte Fantuzzi*

Anhäufung veranlaſst, oder ſollte nicht dieſer Contact irgend eine Veränderung in den unbelebten unorganiſchen Stoffen hervorbringen? Ein Freund, deſſen Scharſſinn und ausgebreitete Gelehrſamkeit ich ſchon ehemals benutzt, D. Aſh aus Oxford hat mich der Beantwortung dieſer Frage näher gebracht. „Meine ganze Aufmerkſamkeit, ſchrieb er „mir am 10. April 1796. iſt ſeit einiger Zeit auf die „Metalle ſelbſt gerichtet. Ich wünſchte den Ver„änderungen auf die Spur zu kommen, welche „durch die Berührung gleichartiger oder ungleich-

„*descrive un cerchio, che dal diametro d'un pollice „giunge progreſſivamente a quello di due piedi. Se dal „tenerla ſopra i metalli la trasportarete ſu d'una „pietra, ſu d'un libro o ſu d'un legno, o ſe farete „togliere eſſi metalli del luogo loro, i circoli della „pyrite ſi andranno e reſtringendo, e a poco a poco „eſſa ritornerá alla ſuá immobile perpendicolaritá. „Lo ſteſſo vedrete accadere ſe nel momento che girá „piú violentemente, vi metterete in communicazione „collo ſcrittojo, appoggiandovi un ginocchio o la „mano, overo facendo, che qualche altra perſona in „contatto con voi ve l'appoggia. La pyrite gira anche „ſu i cumuli met.llici ſcoperti e particolaremente ſulla „arena marziale nera. Troverete molte perſone „fra le mani delle quali la pyrite non ſi „muove punto, e quaſi diviſe in egual nu„mero quelle, fra le mani delle quali ſá i „due diverſi movimenti, che v'ho accennato.*" *Fortis l. c. p.* 11. Ich habe dieſe ganze Stelle wörtlich abdrucken laſſen, weil ich in mehreren Briefen um nähere Nachricht über die Anſtellungsart des Verſuchs befragt worden bin. Bei meinem vorigjährigen Aufenthalte in den Euganeiſchen Gebirgen konnte ich leider! von dem Abte ſelbſt, da er ſeine *Villa* zu *Galzignano* verlaſſen hatte, keine nähere Auskunft erhalten.

„artiger Metalle hervorgebracht werden. Aus einigen Verfuchen fcheint es mir mehr als wahrfcheinlich zu feyn, dafs fich in den Metallen, die die gröfste galvanifche Wirkfamkeit zeigen, eine bemerkbare chemische Mifchungsveränderung ereignet. „Legen Sie zwei homogene Zinkplatten mit Waffer „befeuchtet aufeinander, fo dafs fie fich in fo vielen „Puncten als möglich berühren, fo werden Sie, „wenn die Stoffe recht gleichartig find, äufserft „wenige Wirkung bemerken. Legen Sie aber auf „die nemliche Art Zink und Silber zufammen, und „Sie werden bald fehen, dafs fie einen ftarken Effect „auf einander hervorbringen. Der Zink fcheint fich „zu oxydiren, und die ganze Oberfläche der ange„feuchteten Silberplatte ift mit einem feinen weifsen „Staube (Zinkkalk) bedeckt. Blei und Queckfilber „wirken eben fo ftark auf einander, fo wie auch „Eifen und Kupfer."

Diefe Entdeckung, welche ich Herrn Ash verdanke, ift in jeder Rückficht überaus merkwürdig, Zwar hatte (gegen Wafferberg *) fchon Laffone die Zerlegung des Waffers durch Zink beobachtet. Er übergofs frifche Zinkfeile mit deftillirtem Waffer in einer faft ganz gefüllten wohl verftopften Flafche, und bemerkte gleichzeitige Entftehung von Zinkkalk

*) *Inftitut. chemicae* §. 1702. Laffone in Crell's chem. Journ. Th. 3. S. 170. aus den *Mémoires de Paris* von 1792. p. 380. Gren fagt: „das Waffer löfst auch nichts „von ihm auf, doch verdienen Laffone's Erfahrungen „hierüber weitere Prüfung." Handbuch der Chemie Th. 3. 1795. §. 3221.

und Entbindung häufiger Blasen. Aber Lassone ahndete nicht, wie sehr diese Verhältnisse von dem Contact zweier verschiedenartiger Metalle abhängen. Ich bin noch damit beschäftigt, die Experimente des D. Ash zu vervielfältigen, und habe bis jetzt folgende Resultate erhalten: Wenn man eine befeuchtete Zinkplatte auf einen flachen silbernen Präsentirteller legt, so entstehen, wenn das Wasser etwa 12° R. hat, in 4 bis 5 Stunden deutliche Spuren einer Wasserzersetzung. Um die Zinkplatte legt sich ein Rand von weissem Zinkkalk, der genau den Umrissen des Metalls parallel läuft. Wenn dieses an dem einen Ende breiter als an dem anderen ist, so zeigt der Kalkbeschlag (und hat er auch einen Durchmesser von einem halben Zoll) dieselbe Ungleichheit. Es scheint demnach, als wenn der schon gebildete Zinkkalk von dem neu entstehenden, von dem Metall abfallenden, leise weggeschoben werde. Während der Oxydation bemerkte ich bisweilen Luftblasen aufsteigen. Die Analogie mit anderen verwandten Erscheinungen läst vermuthen, dass diese Blasen inflammable Luft sind, welche aus dem, in seine gasförmige Bestandtheile zerlegten Wasser entsteht. Die Menge derselben, welche ich in eine Glasröhre steigen liess, war bisher zu klein, um entscheidende directe Versuche zu machen. Das Azote (welches mit wenigem Sauerstoffgas verbunden, die Zwischenräume des Wassers ausfüllt) mischt sich ohnedies mit jenem Hydrogen, und die Chemie kennt noch kein Mittel, Stickstoffluft und Wasserstoff-

luft von einander zu trennen. *) Wenn ich mit gemeinem Waſſer arbeitete, fand ich, wie Herr Ash, den Zinkkalk mit Salzſäure ſchwach aufbrauſend. Bei deſtillirtem Waſſer wurde dieſs Aufbrauſen anfangs gar nicht wahrgenommen, ſondern zeigte ſich erſt, wenn das Pulver Tagelang der Atmoſphäre ausgeſetzt war. Der Zinkkalk ſcheint demnach (wie das oxydirte Blei) Kohlenſäure aus dem gemeinen Waſſer, und nachher aus der Luft, an ſich zu ziehen.

Um Gegenverſuche über die gegenſeitige Wirkung der Metalle bei ihrem Contacte anzuſtellen, legte ich nicht Zink auf Zink, ſondern Zink auf feuchtes Glas. Alle obige Erſcheinungen erfolgten, nur ſpäter und ſchwächer. Nach 20 Stunden verhielt ſich die Menge des oxydirten Zinks auf dem Glaſe zu der auf dem Silber = 1 : 3. Haben aber dieſe Phänomene etwas mit denen des Galvanismus gemein? Laſſen ſie auf eine beſondere Kraft ſchlieſsen, welche durch den Contact zweier heterogener Metalle in Umtrieb geſetzt wird? Dieſe Fragen ſind für jetzt noch ſehr ſchwer zu beantworten, da ſie iſolirte Thatſachen betreffen, „*des pierres d'attente*,

*) Ich glaube, daſs man dieſes Mittel in einem elektriſchen Apparate, der dem Voltaiſchen Eudiometer ähnlich wäre, finden könnte. Man lieſse Sauerſtoffgas, welches durch Phosphor gereinigt wäre, zu dem Luftgemenge, und wöge das ſpecifiſche Gewicht des durch die *E.* niedergeſchlagenen ſalpeterſauren Waſſers. An einem andern Orte, wo ich von Zerlegung der Luftgemenge handle, werde ich auf dieſen Gegenſtand zurückkommen.

(wie ſie Herr Pictet nennt,) *que les phyſiciens poſent „ça & là dans leurs travaux & qui trouveront un jour leur „place.“* Es iſt ſehr denkbar, daſs die Waſſerzerſetzung nicht bloſs durch die Ziehkraft des ſich verkalkenden Metalls zum Sauerſtoff, ſondern auch durch die Temperatur deſſelben, ſeine Form und elektriſche Ladung, modificirt wird. Ueberall, wo Stoffe ihren Cohäſionszuſtand verändern, erſtarren oder flüſſig werden, wird elektriſches Fluidum gebunden oder entbunden. Wenn alſo die gröſsere Menge des entſtandenen Zinkkalks auf dem Silber von der Menge der dabei rege gewordenen *E.* herrührte, ſo könnte das Experiment allerdings auf etwas hindeuten, was mit dem Galvanismus in naher Beziehung ſtände. Eben die Urſache, welche bei der Waſſerzerſetzung als ein ſo wichtiges chemiſches Agens wirkte, könnte auch den Durchbruch des galvaniſchen Fluidums und die Natur der feuchten Leiter modificiren.

Aber ſo lange noch andere Erklärungsarten möglich ſind, welche auf längſt bekannte Naturkräfte hinweiſen, darf man nicht allein zu unbekannten Wirkungen ſeine Zuflucht nehmen. Sollte jenes merkwürdige Experiment ſich nicht auf eine zuſammengeſetzte Verwandſchaft gründen? Das Silber hat unter jeder Temperatur einige Ziehkraft zum Sauerſtoff. Liegt nun eine dünne Waſſerſchicht zwiſchen dem Zink und Silberplättchen, ſo ſind die Ziehkräfte beider Metalle thätig, dieſelbe zu zerlegen. Wir kennen mehrere Fälle aus der Experimentalchemie, in denen zwei heterogene Stoffe

leichter, als einer einen dritten in seine Bestandtheile auflösen. Kein Wunder daher, dafs Zink auf Zink, oder Zink auf Glas weniger Wasser zerlegt, als der Contact heterogener Metalle. So wie das Silber auf die Oxydirung des Zinks wirkt, so wirkt auch dieser auf die Verkalkung des Silbers. Das letztere läuft nicht nur pfauenschweifig an, sondern man kann auch wahren Silberkalk davon abschaben. Hiebei ist aber sehr auffallend, dafs die Veränderung des Silbers sich nicht unter dem Zinkkalk, sondern erst da findet, wo dieser aufhört, also oft ½ Zoll weit vom regulinischen Zink entfernt. Auf diesen letztern Umstand hat mich Herr Gödeking aufmerksam gemacht, ein kenntnifsvoller Chemist, mit dem ich eine weitläuftige Arbeit über Auflösung des Phosphors in Stickgas gemeinschaftlich unternommen.

Die Bemerkung, dafs der Zink in Vergleich mit anderen Excitatoren eine so wichtige Rolle bei den galvanischen Versuchen spielt, hat die Physiker veranlafst, über die Unterschiede dieses Metalls von andern Metallen nachzusinnen. Unter den vielfachen Verhältnissen, welche sich bei dieser Untersuchung darbieten, scheint keines in so unmittelbarer Beziehung mit den Erscheinungen der thierischen Materie zu stehen, als die Heilkraft des Zinks bei Nervenübeln. Gaubius *) kaufte das *arcanum* der *Luna*

*) *Brunnemann de Praecip. Zinci calcibus, Lipsiae* 1796. *p.* 24. Sammlung auserlesener Abhandlungen zum Gebrauch praktisch. Aerzte, B. 5. S. 234. B. 9. S. 350.

fixata von einem Amſterdammer Charlatan, Namens Ludemann, und wenn es auch nachmals unter den Händen einiger groſsen Aerzte nicht fortgefahren hat, eben ſo auffallend kräftig zu wirken, ſo hat es doch ſeinen Ruhm noch nicht ganz eingebüſst. *) Ich will nicht daran erinnern, daſs andere Metalle, welche bei den galvaniſchen Verſuchen keine ausgezeichnete Stelle behaupten, wie Arſenik und Queckſilber, weit mächtiger auf die ſenſible Fiber als Zinkkalk wirken. Die Betrachtung allein, daſs Zink und Gold, Graphit und Platina faſt eben ſo wirkſame Excitatoren, als Zink und Silber ſind, entfernt die Idee von einem Zuſammenhange zwiſchen dem Zink als Nervenmittel, und dem Zink als Leiter des Galvanismus.

Iſt das galvaniſche Fluidum einer Thiergattung weſentlich von dem einer andern verſchieden? Es wäre voreilig, dieſe kühne Frage in eine Claſſe mit denen über die Schnelligkeit des Nervenſaftes und dem Durchmeſſer der (hypothetiſch erfabelten) Markkügelchen zu ſetzen. Ich erinnere an die Verſuche, deren ich im ſiebenten Abſchnitte dieſes Werks erwähnt habe. Ein eiſerner Draht, welcher die entblöſsten und armirten Nerven meines Rückens verband, reizte die Geſchmacksorgane mehrerer

*) Herr Richter ſagt in ſeinen claſſiſchen Med. Chirurg. Bemerkungen, B. 1. S. 136. „Die Flores Zinci „habe ich, bei epileptiſchen Zufällen, einigemal ohne „Nutzen, einigemal aber auch mit einem auffallend „glücklichen Erfolg gebraucht. Ich bin aber nicht im „Stande, die Fälle zum voraus zu beſtimmen, in wel„chen dieſs Mittel wirkſam oder unwirkſam iſt."

Perfonen, welche denfelben über ihre Zunge wegftreichen liefsen. Diefer Reiz erfolgte nie, wenn der Verfuch bei Frofchnerven unter denfelben Bedingungen wiederholt ward. Liegt nicht der Grund diefer Verfchiedenheit darinn, dafs menfchliche Organe leichter von einem Fluidum afficirt werden, dafs aus einem warmblütigen, als von einem, das aus einem kaltblütigen Körper ausftrömt? Ift es nicht denkbar, dafs, fo wie alle thierifche Flüffigkeiten in den verfchiedenen Gattungen verfchieden find, dafs fo auch der feine Stoff, welcher in den Nerven und Muskeln angehäuft ift, und durch deffen Beimifchung oder Entziehung fich die andern Elemente der Längenfafer (ihren chemifchen Ziehkräften folgend) verkürzen, dafs diefer feine Stoff, fag' ich, ebenfalls in verfchiedenen Thiergattungen, ja in einer Species nach Verhältnifs des Gefchlechts, des Alters und der Lebensart verfchieden fey? Wären die Wirkungen, welche das galvanifche Fluidum (bei feinem Strömen durch leitende Ketten) auf unbelebte Stoffe äufsert, nicht aller Wahrnehmung entzogen, fo hätten wir Mittel in Händen, jene Verhältniffe auszufpähen. Aber leider! bringt daffelbe bei feinem Umlaufe nur in erregbaren (Sinnes) Organen bemerkbare Veränderungen hervor, und diefen feinen Werkzeugen ift zu folchen Prüfungen wenig zu trauen, da die Stärke der Reizung nicht von dem Stimulus allein, fondern zugleich von der Erregbarkeit der Fafer abhängt.

Ift das galvanifche Fluidum als ein feines Gas zu betrachten? Diefe Frage ift nicht ganz beftimmt.

Setzt man das Wefen einer Gasart in der Expanfion durch Wärmeftoff, fo find die Sonnenftrahlen (wenn man mit Herrn Leonhardi den Wärmeftoff als *fluide déférent* der Lichtbafis betrachtet) und das elektrifche Fluidum, feit van Marum's Entdeckung, allerdings als Gasarten zu betrachten. Gedenkt man aber an den Unterfchied zwifchen wiegbaren und unwiegbaren, fperrbaren und unfperrbaren Flüffigkeiten, fo wird der Abftand der Elektricität des Sonnenlichts und des Magnetismus von den ausfchliefslich fogenannteu Gasarten fehr auffallend. Die magnetifche Materie durchftrömt jede Subftanz, ihre Dichtigkeit mag noch fo beträchtlich feyn. Eben fo unfperrbar ift der Wärmeftoff und die Elektricität. Wird die letztere auch nicht durch Glas fortgeleitet, fo wirkt fie doch durch das Glas durch, indem fie jenfeits deffelben entgegengefetzte elektrifche Pole erregt. In diefer Unfperrbarkeit liegt der Grund, warum wir fo felten genaue Verfuche über die feinen Stoffe anftellen können. Wir experimentiren ftets unter unbeftimmten Bedingungen, in einer Atmosphäre, aus der von allen Seiten zuftrömt, was wir uns auszufchliefsen bemühen. Wafferftoffgas, Lebensluft, Stickgas werden dagegen (zum Glück für die analytifche Scheidekunft) durch Glas gefperrt; ja aus den bisherigen Erfahrungen dürfen wir fogar als gewifs annehmen, dafs die ifolirten Bafen der Gasarten, Hydrogen, Oxygen und Azote für fich mit dem das Glas durchdringenden Licht- und Wärmeftoff nicht mit fortgeriffen werden. Die Experimente, welche ich im fiebenten Abfchnitt (Fig. 62.) ent-

entwickelt, lehren, dafs das galvanifche Fluidum keine Aehnlichkeit mit den Gasarten, fondern vielmehr mit den durchdringenderen, unfperrbaren, feineren *) Stoffen zeigt. Trennt man die reizenden und fenfiblen Atmosphären zerfchnittener Nerven durch eine dünne Metallplatte, (Zinnfolie) fo ftrömt das galvanifche Fluidum in den Muskel ungehindert über. Stehen die Nervenenden durch untergelegte Glasftäbe frei, in der Luft fchwebend, einander gegenüber, fo ftört jede Glastafel die Communication.

Diefe Thatfachen fetzen es aufser Zweifel, dafs man das Unterbinden eines Nerven fich keineswegs wie das Unterbinden eines Gefäfses denken darf. Wenn eine tropfbare, oder gasförmige Flüffigkeit in dem fenfiblen Syfteme circulirte, fo müfste fie in der That fehr grober Art feyn, wenn fie durch ein Band, welches ohnedies nur auf der Oberfläche wirkt, in ihrem Laufe gehemmt werden könnte. **) Denken

*) Ich nenne, wie andere Phyfiker, die Elektricität einen feineren Stoff, als Luft. Diefer bildliche Ausdruck ift unfchädlich, aber uneigentlich. Merkwürdig in Hinficht auf den Sprachgebrauch ift er deshalb, weil er abermals von dem Beftreben des finnlichen Menfchen zeugt, chemifche Begriffe auf atomiftifch-mechanifche zu reduciren, und alles durch die Zwifchenräume *(vacuum differninatum)* und *corpuscula* zu erklären.

**) Ich erinnere hiebei an den merkwürdigen Fall eines epileptifchen 12 jährigen Knaben, welchen Herr D. Pfündel mit Kupferfalmiak heilte. Hier find die Worte diefes aufmerkfamen Beobachters: „Der Kranke fpührte, „dafs (vor jedem Anfalle) in der Mitte des rechten „Fufses, da wo die Wade aufhört, eine warme laue „Empfindung in die Höhe fteige, die im Schenkel einen

wir uns aber das galvanische Fluidum als gewissen Leitern folgend, so bleibt der Effect des Unterbindens eben so räthselhaft, da das Band die Leitung keineswegs unterbricht, ja selbst seiner Natur nach (als feuchtes Haar oder Seide) nicht isolirend ist. Ich gestehe, dass ich in der Erklärung physiologischer Erscheinungen kaum eine grössere Schwierigkeit kenne, als diese Aufgabe. Ein untergebundener Nerve kann (man vergleiche die Versuche im siebenten Abschnitte) selbst oberhalb des Bandes wirksam gereizt werden, wenn die Armatur dem Bande nahe liegt, und der Theil des Nerven zwischen dem Bande und dem Muskel, nicht

„kurzen Stillstand zu machen schiene, dann plötzlich „in den Unterleib führe, wo ihn eine starke Aengstlich-„keit befalle; nun bekomme er Herzklopfen, und als-„bald steige es ihm wie heisses Wasser in den Kopf, und „er verliere die Besinnung. Die *aura epileptica* wäre „vor jedem Paroxysmo merklich geworden. Ich ver-„ordnete, dass der Knabe ein breites Band über „dem rechten Knie mit einer Schlinge anlegen sollte, „und sobald er merke, dass die *aura epileptica* im Ent-„stehen wäre, sollte er das Band, so fest als möglich, „zusammenziehen, um den Fortgang derselben dadurch „zu hemmen. Dies that auch allezeit vortreffliche „Dienste. Denn, wenn er aufmerksam war, so „konnte er den Anfall immer dadurch ver-„hindern; wenn aber die Empfindung einmal bis in „den Schenkel gedrungen war, dann war der Anfall „nicht mehr aufzuhalten. Durch das Unterdrücken „des Paroxysmus war aber der Kranke den ganzen Tag „matter, als ihn der wirkliche Anfall selbst machte, „und anstatt dass derselbe sonst 8 bis 14 Tage ausblieb, „so kehrte jetzt die *aura epileptica* viel „häufiger, manchmal alle 2 Tage, ja einmal in ei-„nem Tage zweimal, zurück." Hufeland's Journal der Heilkunde, B. 2. S. 280.

mit leitenden Subſtanzen umwickelt iſt. Erſt, wenn dieſe Einhüllung erfolgt, hemmt die Unterbindung den Reiz ober- und unterhalb dem Bande, und dann zwar ſo plötzlich, daſs dieſe Hemmung gar nicht durch Ableitung (Mangel an Iſolation) erklärt werden kann. Ich erlaube mir bis jetzt keine Vermuthung über dieſes Problem.

Was in dem Nerven angehäuft iſt, und durch ſeinen Uebergang in die Muskelfaſer eine chemiſche Miſchungsveränderung und Annäherung der Theile veranlaſst, braucht (wie ich oben gezeigt) keineswegs weder in dem Nerven, noch in dem Hirnmarke, deſſen verlängerte Zweige jene ſind, allein excernirt zu werden. Es ſcheint mir vielmehr ſehr wahrſcheinlich, daſs die Flüſſigkeit *G* in allen thieriſchen Theilen, (deren Miſchung wenigſtens in qualitativen Verhältniſſen ſich ſo ähnlich iſt,) zugegen ſey; es ſcheint mir wahrſcheinlich, daſs es (wie die elektriſche Materie, Blut und Milch) aus Elementen zuſammengeſetzt ſey, welche einzeln eine wichtige Rolle in der unorganiſchen Natur ſpielen. Auch lehren die Erſahrungen Fig. 37. 62. 63. 65., daſs alle thieriſche Subſtanzen, Nerven ſowohl als Muskelfleiſch, unter gewiſſen Bedingungen aus der Entfernung *) wirken können. Dieſe Wirkung iſt nun auf eine zweifache Weiſe denkbar, entweder ſo, daſs feine Stoffe jenen Wirkungskreis, deren Gröſse ich auf $\frac{5}{4}$ bis 1 Linie Durchmeſſer beſtimmt habe, ausfüllen, oder ſo, daſs

*) *Reil Exercitationum Anatomicarum fascicul. I. p.* 28.

die Elemente der thierischen Materie ihre Wirkung in die Ferne (*actio in distans*) in diesem Raume äussern.*) Die Analogie anderer Erscheinungen der Körperwelt sprechen für den ersteren Fall. Wir sehen nicht bloss die ungeheuern Massen von Materie, die in sogenannte Weltkörper geballt sind, in eigene und verschiedenartige Dunstkreise eingehüllt, sondern auch alle irdische Stoffe stören die Lichtstrahlen, welche in ihre Nähe kommen, in ihrem gradlinigen Wege, und diese Beugung (*Diffractio luminis*) scheint, nach Mairan's und Du Toures Untersuchungen auf Atmosphären hinzudeuten, welche jeden Körper umgeben. Die Dunstbläschen der Wolken, über welche wir den Herren Kratzenstein und Saussure so scharfsinnige Beobachtungen verdanken, rollen auf der Oberfläche tropfbarer Flüssigkeiten hin, ohne sie zu berühren. Der unbekannte Stoff, (Elektricität, oder brennbares Gas?) der sie ausfüllt, macht wahrscheinlich auch ihre Atmosphäre aus. Jeder irdische Körper bildet durch seine anziehende Kraft**) eine

*) Eigentlich involviren beide Fälle eine Wirkung *in distans*, die nicht bloss dynamisch construirbar, sondern nothwendig anzunehmen ist. „Ein jedes Ding im Raume „wirkt auf ein anderes, nur an einem Orte, wo das „Wirkende nicht ist. Denn sollte es an demselben „Orte, wo es selbst ist, wirken; so würde das Ding, „worauf es wirkt, gar nicht ausser ihm seyn; denn die„ses Ausserhalb bedeutet die Gegenwart in einem „Orte, darinn das andere nicht ist." Kant's Metaph. Anfangsgr. der Naturw. S. 62.

**) Langsdorf Abhandl. über die Wärmelehre, 1796. S. 72.

eigne Schicht verdichteter Luft um ſich her. Das elektriſche Abſtoſsen entſteht ebenfalls durch Anhäufung der Elektricität um die geladenen Körper, und wie jeder materielle Theil in eine eigene Atmosphäre von Wärmeſtoff eingehüllt iſt, hat Herr Mayer in ſeiner Abhandlung über die Repulſivkraft *) gezeigt. Ich kann nicht umhin, dieſen Abſchnitt mit einigen Ideen zu ſchlieſsen, welche jener groſse Mathematiker in einem Briefe an mich gleichſam flüchtig hinwarf. „Wie, wenn jeder Kör„per in der Natur mit einer eignen Atmosphäre „umgeben wäre, wenn Muskel, Nerven und Me„talle beſondere Atmosphären von feinen, und viel„leicht unbekannten Stoffen um ſich hätten? Was „muſs geſchehen, wenn dieſe ſich begegnen, und „ſich gegenſeitig zerſetzen? Ohne Zweifel, was un„ſerem Körper begegnen würde, wenn er in die „Atmosphäre eines andern Körpers käme, und beide „Atmosphären ſich gegen einander zerſetzten, — „heftige Exploſionen und Erſchütterungen in ihm. „Gleichartige Atmosphären erhalten vielleicht gegen„ſeitige Ruhe. Ich wage die Anwendung nicht auf „erregbare thieriſche Organe, wenn ſie ſich dieſem, „oder jenem Körper nahen. Atmosphären von „Wärmeſtoff haben alle Stoffe ohnehin. Daſs die „Metalle von feinen Subſtanzen umgeben ſind, „zeigt ihr ſpecifiker Geruch. Viele groſse Natur„wirkungen mögen von dieſen feinen Materien, „welche um alle Körper angehäuſt ſind, für welche

*) Gren's Journal der Phyſik, B. 7. S. 211.

„unſere Sinnenwerkzeuge aber zu ſchwach ſcheinen, „abhängen. Die Thiere haben hierin vieles vor „dem Menſchen voraus. Lichtenberg ſagt ſehr „ſinnreich, daſs ſich eine Hundsnaſe für Oxygen „und Hydrogen wie für Trüffeln müſste abrichten „laſſen."

Ende des erſten Bandes.

Nachträge.

Zum dritten Abschnitte: Der merkwürdige Versuch, Contractionen zu erregen, ohne alle kettenförmige Verbindung der Excitatoren (Fig. 9.) ist in den letzten Tagen des Merzes 1797. meinem Freunde, dem älteren Herrn Keutsch (aus St. Thomas in Westindien) geglückt. Dieser treffliche junge Mann, welcher die feinsten anatomischen und physiologischen Kenntnisse mit einander verbindet, und dessen Beobachtungen ich in der Folge noch öfter anführen werde, hatte einen sehr lang präparirten Ischiadnerven mit Zink armirt. Kaum berührte er den Zink allein mit einer Silbermünze, so entstanden, ohne irgend eine mögliche Nebenleitung nach dem Muskel, in diesem die heftigsten und anhaltendsten Zuckungen. Die Entfernung vom Nerven, in der die Berührung der beiden Metalle geschah, wurde wieder dabei als gleichgültig befunden. —

Als die vorstehenden zehen Abschnitte dieses Werks bereits abgedruckt waren, kam mir erst der an mich gerichtete physiologische Brief des Herrn D. Philipp Michaelis, welcher in Gren's

Neuem Journ. der Phys. B. 4. H. 1. S. 9. abgedruckt ist, zu Gesichte. Was konnte interessanter für mich seyn, als meine Versuche durch solch einen Experimentator geprüft, bestätigt, berichtigt und erweitert zu sehen. Herr Michaelis besorgt, daſs bei dem Versuche ohne Kette (Fig. 9.) die Täuschung statt finden könne, daſs nicht ein Nervenast, sondern mehrere zugleich, armirt gewesen wären, und daſs die Armatur *M* demnach eine Kette zwischen jenen Aesten gebildet habe. Ich erinnere daher ausdrücklich, daſs ich nur einen unzerfleischten Nerven, von vollkommen gebändertem Ansehen, herauspräparirt hatte, und daſs das Muskelfleisch sammt den andern Nervenfäden weit von der Armatur entfernt lagen. Wollte man aber auch jenen einen Nerven als zwei, und *M* als den Leiter zwischen beiden betrachten, so ist nicht abzusehen, warum *N* (welches dann nur erschütternd wirkte) nicht gleich wirksam war, es mochte ein Metall, oder Siegellack seyn. Der mühsame Versuch Fig. 12. *a* endlich, wo die Berührung von *N* und *P* wohl wohl keine Erschütterung in *M* hervorbringen konnte, widerlegt jene Voraussetzung noch mehr. — Dies zur Erläuterung einer wichtigen Thatsache, und nicht gegen die Aeuſserungen meines Freundes, der sich selbst so bescheiden über das Gelingen und Nicht-Gelingen von Versuchen äuſsert.

Zum siebenten Abschnitte: Herr Michaelis hat den Versuch, nach welchem das galvanische Fluidum nur wenn es von menschlichen Organen, nicht wenn es von Froschorganen ausgeht, die

Zun-

Zungennerven reizt, ansehnlich erweitert. Gren's Neues Journ. B. 4. S. 13. — Er glaubt, dass bei Zerschneidung der Nerven und dem Reizen durch sensible Wirkungskreise die Täuschung obwalte, dass die Feuchtigkeit des Glases eine Leitung zwischen den zerschnittenen Nervenstücken mache, a. a. O. S. 25. Ich gestehe, dass ich ebenfalls alles dieser Täuschung zuschreiben würde, wenn mich nicht die Versuche, welche ich oben S. 82 — 86. und am Ende des siebenten Abschnitts (Fig. 37. und 65.) erzählt habe, vollkommen überzeugten, dass die thierische Materie eine Kraft hat, aus der Entfernung zu wirken. Wie konnte in diesen Fällen eine feuchte Zuleitung statt finden, da ich 1 bis $\frac{5}{4}$ Linien weit von dem Muskel entfernt blieb, und mit meinen Augen die freie Luftschicht erkannte, welche den Muskel von der Pincette trennte? Dass ich nicht zufälliges Zittern in den Organen mit kräftigen Contractionen verwechselte, davor schützte mich die lange Dauer des Versuchs. Die Zuckungen erfolgten jedesmal, und nur dann, wenn ich den bewickelten Arm der Pincette den Organen näherte. Wie war hier Täuschung möglich?

Ueber den Fall, wo ein erregbarer Nerve mittelbar, d. h. dadurch armirt ist, dass er auf einem anderen armirten, erregbaren Nerven aufliegt, hat Herr Michaelis eben so neue als sinnreiche Versuche angestellt. S. dessen Brief an mich S. 10.

Zum achten Abschnitte: Die Abhandlung des Herrn Wells ist seitdem in den philosophischen Transactionen wirklich erschienen, und auch bereits

im 4ten Heft von Gren's Neuem Journal für 1797. abgedruckt worden. Ich fehe mit befonderem Wohlgefallen daraus, dafs es Herrn Wells, wie mir, geglückt ift, einem Metalle die Kraft des andern durch blofse Berührung mitzutheilen. Diefe Kraft erhielt fich bisweilen einen ganzen Tag hindurch. So beftätigen fich Entdeckungen, denen man anfangs (weil fie fo felten gelingen, und weil fie mit andern Naturerfcheinungen fo gar nicht übereinftimmen,) faft allen Glauben zu verfagen geneigt ift. — Auch den Einflufs der Feuchtigkeit auf die Excitationskraft der Metalle hat Herr Wells faft zu derfelben Zeit in England bemerkt, als ich ihn in Deutfchland bekannt machte. Auf die Grofse der benetzten Fläche kommt es indefs dabei gar nicht an, wie der englifche Phyfiker glaubt. Eine feine Belegung mit Hauch wirkt wie die eines dicken Waffertropfens. Auch ift Herrn Wells die für die Gefetze des Galvanismus fo wichtige Bemerkung entgangen, dafs bei minder reizbaren Individuen nur in der Kette $\underbrace{\text{Nerv. } P.\,p.\,H.\,P.}$ nicht aber in der $\underbrace{\text{Nerv. } P.\,H.\,p.\,H.\,P.}$ eine Contraction erfolgt. Die erfte Entdeckung von der Excitationsfähigkeit der Kohle, welche fich Herr Wells felbft zufchreibt, ift übrigens von Herrn Volta.

Zum neunten Abfchnitte: Ueber den Verfuch mit Belegung der Zungennerven, vergleiche Michaelis Brief an mich a. a. O. S. 16. Die Erfahrung, dafs der Hunterfche Blitzverfuch fehr viel beffer gelingt, wenn die Atmosphäre mit Elektricität überladen ift, (z. B. bei nahem Gewitter)

wird durch analoge Thatsachen bestätigt, a. a. O. S. 19. Ich vermuthe, dass auch gerade schon deshalb im Merz, April und Mai alle galvanische Erscheinungen sichtbarer und auffallender sind, weil nach Herrn Heller's neuen Beobachtungen (a. a. O. 75.) die Elektricität des Dunstkreises bei uns in diesen Monaten so unendlich stärker, als im Sommer ist.

Den Versuch, den ich bei Fliegenpflastern auf meinem Rücken anstellte, hat Herr Michaelis glücklich wiederholt. Die Umwandlung der Säfte erfolgte ebenfalls, die lymphatisch-seröse Feuchtigkeit wurde roth gefärbt, aber nur in der Nähe der Wunde gelang es meinem Freunde, mit jener Feuchtigkeit bleibende Züge zu mahlen, a. a. O. S. 21. Die schmerzhafte eiternde Geschwulst, welche bei dem Experimente erfolgte, muss aber bei künftiger Wiederholung desselben vorsichtig machen.

Zum zehnten Abschnitte: Eine weitere Ausführung der Voltaischen Theorie, besonders über Richtung des galvanischen Stromes unter 8 und 9 Gliedern der ersten und zweiten Classe, s. in Gren's Neuem Journ. B. 4. H. 1. S. 107. Die dort Tab. II. als negativ geschilderten Fälle Fig. 3 — 7. und 10. sind es gerade, welche ich und jetzt viele meiner Freunde, mit denen ich experimentire, bei sehr lebhaften Individuen als positiv, d. h. als Reiz-involvirend befunden haben. Herr Volta sagt zwar apodiktisch: (S. 109.) „es ist schlechterdings nöthig, „dass zwei verschiedene Metalle, oder Leiter der „ersten Classe, unmittelbar mit einander in Berührung „sind, während sie mit ihren gegenüber stehenden

„Enden Leiter der zweiten Claſſe berühren." Aber nach Verſuchen, die ich noch vor wenigen Stunden mit aus dem Winterſchlaf erweckten Fröſchen wiederholt, muſs ich dem groſsen Phyſiker aufs neue hierin widerſprechen. Wenn ich einen Cruralnerven *a* mit Zink armire, und dieſe Armatur nicht unmittelbar mit Silber berühre, ſondern, wenn zwiſchen dem Zinke und Silber ein zweiter eben ſo friſcher Cruralnerve *b* lag: ſo ſah ich in der Kette:

Nerv *a* — Zink — Nerv *b* — Silber.

den mit *a* organiſch verbundenen Muskel convulſiviſch erſchüttert werden. Hier ſcheinen mir doch beide Metalle zu beiden Seiten von gleichen Kräften balancirt zu ſeyn! Eben ſo war es, wenn ich ſtatt *b* ein Stück Muskelfleiſch nahm, welches von dem Schenkel *a* ſelbſt abgeſchnitten war, und wenn das Silber nun nicht den Nerven *a*, ſondern den Schenkel berührte. Herrn Volta's Fig. 10. drückt endlich die Abänderung meines Hauchverſuchs aus, wo das einzige heterogene Metall auf beiden Flächen mit feuchten Stoffen in Berührung iſt, die Kette Nerv *P. H. p. H. P.* welche nach der Voltaiſchen Theorie negativ ſeyn ſoll. Ich verſichere aber aufs feierlichſte, daſs, wenn *H* und *H* auch ganz gleichartig, z. B. Stücke einer Froſchleber waren, die Erſchütterung erſolgte, ſo lange die Organe noch ihre höchſte (nicht künſtlich erregte) Reizbarkeit hatten. Von den Verſuchen mit bloſs organiſch verbundenen Theilen, ohne Metall und Kohle, von den Erſcheinungen beim Zurückbeugen des Schenkels gegen den Ischiadnerven ſagt Herr Volta

S. 126. „dafs fie mit Unrecht fo viel Auffehen mach-
„ten. Sie beruhen ebenfalls auf der Wirkung dreier
„verfchiedener Stoffe. Das Blut, der tendinofe
„Theil des m. gaftrocnemius, und die Nerven fpielten
„die Hauptrolle dabei." Ich habe aber diefen Verfuch glücken fehen, wenn kein Blut am Ifchiadnerven fichtbar war, und nicht der m. gaftrocnemius, fondern die fleifchige, untendinöfe Lende den Contact machte. Hier fchienen mir eben fo gewifs nur zwei Kettenglieder vorhanden, als bei den Verfuchen mit der fpiegelhellen Fläche des trocknen Queckfilbers. Man ift hier mit dem Streite über Heterogeneität zu einer Grenze der Feinheit gelangt, in der aller gründliche Streit aufhört. Im Muskelfleifche find Muskelfafern, Gefäfse und Zellftoff, im Nerven ift die Markfubftanz, von dem zufammengefetzten von Herrn Reil fo mufterhaft befchriebenen Neurilema zu unterfcheiden. In der organifchen Natur ift bis zum kleinften Atom alles ungleichartig. Der Phantafie bleibt alfo hier ein weiter Spielraum geöfnet, und ich würde es nie unternehmen, gegen die Möglichkeit, dafs faft alle galvanifche Erfcheinungen auf eine Kette von mehr als drei Stoffen reduciret werden können, zu ftreiten. Blofse Möglichkeiten entfcheiden hier aber nicht, und feitdem mir der Verfuch, ohne alle kettenförmige Verbindung der Excitatoren (Fig. 9. meiner Tafeln) geglückt ift, ein Verfuch, der jenem vortrefflichen Phyfiker noch unbekannt zu feyn fcheint, feit diefer Epoche hat die Vermuthung, dafs der Grund der grofsen Erfcheinung nicht in der

kettenförmigen Verbindung der Glieder allein liegen, an Wahrſcheinlichkeit unendlich gewonnen. Ich beſtreite Herrn Volta's Theorie, weil ich es für überaus wichtig halte, eine Unterſuchung nicht eher für beendigt, ein Problem nicht eher für gelöſet zu halten, als bis die Uebereinſtimmung aller Thatſachen erwieſen iſt. Welche Theorie aber auch die Oberhand gewinnen mag, ſo wird Herrn Volta immer das groſse Verdienſt bleiben, die Lehre vom Galvanismus mit den wichtigſten Entdeckungen bereichert, und dieſen Gegenſtand mit einem Scharfſinne angegriffen zu haben, welcher ihm die allgemeine Bewunderung ſeiner Zeitgenoſſen erregen muſs. Seine Briefe an Herrn Vaſſali haben uns auf eine neue elektriſche Thatſache, auf das Strömen der Elektricität aus ſchwach geladenen Körpern aufmerkſam gemacht. Dieſs Strömen hat er ſogar jetzt an Nicholſon's Duplicator (a. a. O. S. 128.) erwieſen. Bei der unmittelbaren Berührung von Zink und Silber entſteht eine Anhäufung der *E.* im Zinne auf Koſten des Silbers, eine Anhäufung, die der Duplicator angiebt, die aber „freilich ſehr gering, und „weit unter dem Puncte iſt, der nöthig wäre, ſich an „dem zarteſten Elektrometer durch Zeichen zu er„kennen zu geben." — Dieſes Minimum von Elektricität ſoll nun, als äuſserer Reiz, auf die Organe wirken, während die künſtlich durch Reiben erregte Elektricität, wenn ſie ſo ſtark iſt, daſs ſie das gemeinſte Elektrometer divergiren macht, in den Nerven geleitet, keine Spur von Muskularerſchütterung hervorbringt. So intereſſant demnach auch der

Beweis von dem Daseyn jenes Minimums von Elektricität in den sich berührenden Metallen ist, so wenig darf man wohl (falls auch nicht andere Gründe dagegen stritten) nach logischen Regeln die galvanischen Erscheinungen jener kleinen Ursache zuschreiben. Dieser Schluss gewinnt noch dadurch an Stärke, dass wenn die ungleichartigen Metalle sich nicht unmittelbar berührten, sondern durch feuchte Stoffe in Verbindung waren, oder wenn gar nur bloſse Leiter der zweiten Classe (thierische Theile) die Kette bildeten, der Duplicator (a. a. O. S. 134.) gar keine Elektricität angab. War demnach dieselbe dennoch vorhanden, so muss sie so schwach seyn, dass selbst der Duplicator sie nicht anzeigt, und dies 0,0000...01. von Elektricität soll die kräftigen Convulsionen hervorbringen, welche z. B. entstehen, wenn ein Froschnerv und sein Muskel durch ein abgeschnittenes Stück Nerv verbunden werden? —

Man hat gegen meinen Versuch über die Wirkung der *E.* ausserhalb der Verbindungskette die Einwendung gemacht, ob nicht die Kette Ausströmungen und Stralenbüschel veranlasse, welche den Froschnerven afficiren? Ich habe deshalb das Experiment sogleich dergestalt wiederholt, dass der Nerv nicht in der Nähe einer Kette, sondern eines runden glatten Stabes lag, durch welchen $\pm E$ durchfuhr. Die Reizung des Froschschenkels blieb dieselbe, und es ist demnach gewiss, dass die Entladung der Kleistischen Flasche eine Explosion veranlasst, welche auch ausserhalb der Verbindungskette Veränderungen hervorbringt.

Staats-
Bibliothek
Bamberg

Folgende Bücher sind bei Heinrich August Rottmann zu haben.

Anmerkungen (antiphlog.) der Herren Morveau, Lavosier etc. zu Kirvans Abhandlung über das Phlogiston, 8 18 gr.

Anleitung, kurze, für die Wundärzte auf dem platten Lande, wie solche bei der Cur der innerlichen Krankheiten unter den Menschen verfahren sollen, 8. 8 gr.

Annulus Platonis, oder phys. chim. Erklärung der Natur, nach ihrer Entstehung, Erhaltung und Zerstörung, von einer Gesellschaft ächter Naturforscher aufs neue völlig umgearbeitet, und mit wichtigen Anmerkungen herausgegeben, gr. 8. mit Kupf. 1 thlr. 8 gr.

Buchholz (Samuel) Versuch einer Geschichte der Churmark Brandenburg, von der ersten Erscheinung der deutschen Seenonen, bis auf jetzige Zeiten, 6 Bände, gr. 4. 15 thlr.

Der 5te und 6te Band ist auch ohne die Urkunden unter den Titel gedruckt: Neueste Preussische Brandenburgische Geschichte, gr. 4. 1r und 2r Theil, 5 thlr. 4 gr.

Entwurf eines allgemeinen Gesetzbuchs für die Königl. Preuss. Staaten. gr. 8. 6 Abtheilungen complet, 6 thlr, 2 gr.

Fischer (F. C. J.) über die Probenächte der deutschen Bauermädchen, 8. 8 gr,

Franklins (Benj.) Jugendjahre, von ihm selbst für seinen Sohn beschrieben, und übersetzt von Bürger, 8. 15 gr.

Geschichte Aramena, eine Syrische Geschichte ganz für unsere Zeiten umgearbeitet, von S. A 3 Theile, 2 thlr 12 gr.

— einiger Esel, oder Fortsetzung des Lebens und Meinungen John Bunkels, 3 Bände, 8. 2 thlr

Hertzberg (Hr. Graf v.) sammtliche Abhandlungen, welche in der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin im Jahre 1780. bis 1791. vorgelesen, mit den sehr ähnlichen Portrait des Verfassers, von D. Berger, gr. 8. 2 thlr. 6 gr.

Humboldt, flora fribergensis prodromus, exhibens plantas quasdam cryptogamicas, praesertim subterraneas, cum icon. acri. inc. 4. maj. 1 thl. 16 gr.

Jugels (J. G.) Physica subterranea, oder Bewegungskraft der elementischen Wirkungen, die auf uns in unserm mineralischen Erdboden verrichtet werden, nach einer 46 jährigen Naturforschung zusammen getragen, gr. 8. 1 thlr. 8 gr.

Kraussens (G. L.) Kunst- und Lustgärtners, wie auch Mitgliedes der Gesellschaft der schönen Wissenschaften zu Budissin, 50 jähriger erfahrungsmässiger Unterricht von der Gärtnerey, gr. 8. 2 thlr.

Mensch, der, übersetzt aus dem A. der N. gr. 8. 1 thl.

Plutachs Biographien mit Anmerk. des Herrn G B. von Schirach, compl. 8 Theile, Schreibpapier 12 thlr.

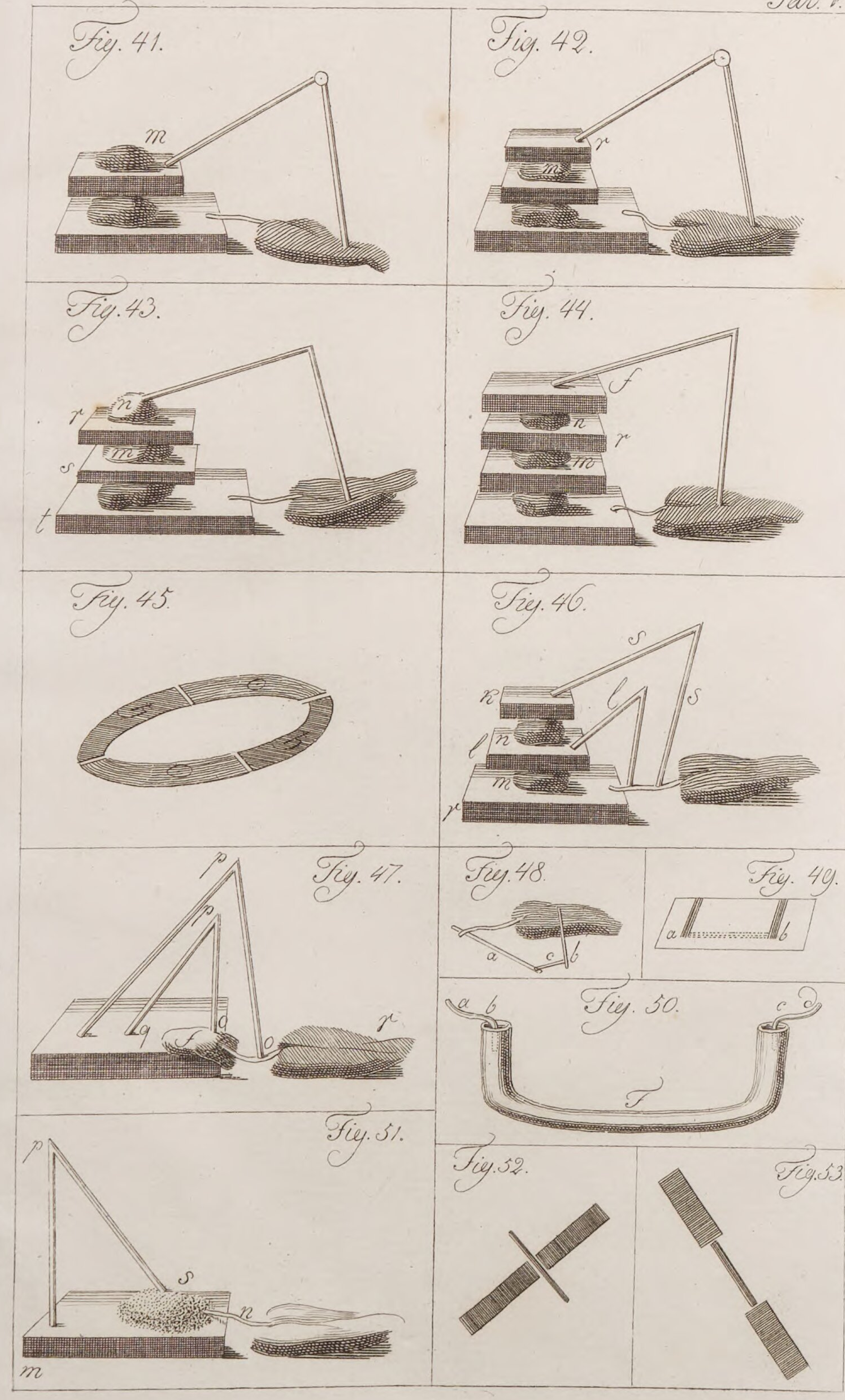
De Quincy, Auszug der Kriegsgeschichte Ludwig XIV. mit 14 Tabellen erläutert, und mit nöthigen Kupfern versehen, auf Befehl des Königs durch G. A. v. Clair übers. 2 Theile, gr. 4. 4 thlr.

Reden im Menschenton vom Verfasser der Menschenfreuden, 3 Theile, 1 thlr. 12 gr.

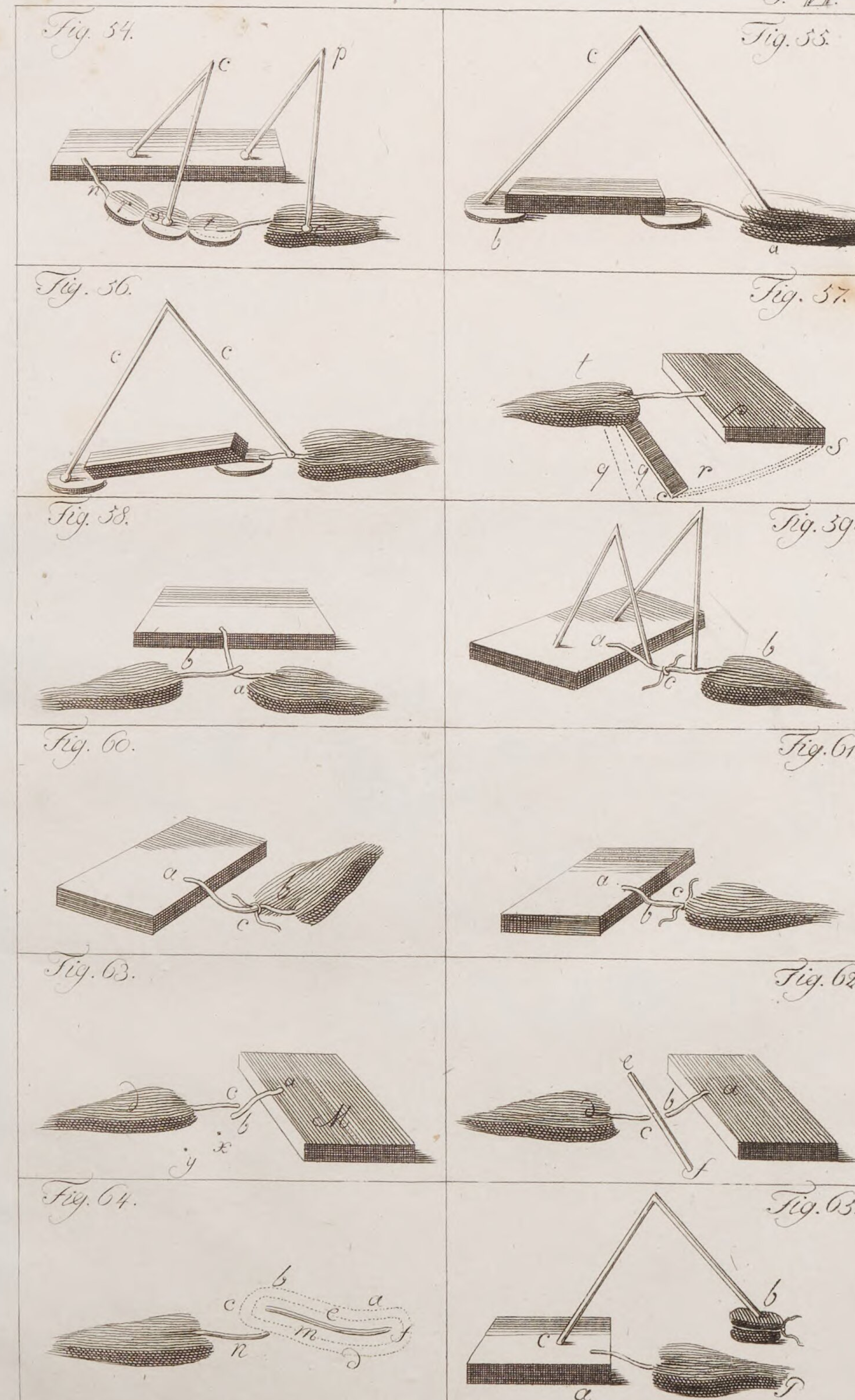
Schilderungen vortreflicher Menschen, 8. 16 gr.

Tempel der Gerechtigkeit, eine moral. Gesch. 8. 2 Th. 1 thlr.

Tab. V.


Fig. 41.
m
Fig. 42.
r
m
Fig. 43.
n
r
m
s
t
Fig. 44.
f
n
r
m
Fig. 45.
Fig. 46.
s
s
l
k
n
l
m
r
Fig. 47.
p
p
q
f
d
e
r
Fig. 48.
a
c
b
Fig. 49.
a
b
Fig. 50.
a
b
c
d
f
Fig. 51.
p
s
n
m
Fig. 52.
Fig. 53.

T. VI.


Fig. 54.
Fig. 55.
Fig. 56.
Fig. 57.
Fig. 58.
Fig. 59.
Fig. 60.
Fig. 61.
Fig. 63.
Fig. 62.
Fig. 64.
Fig. 65.

T. VII.

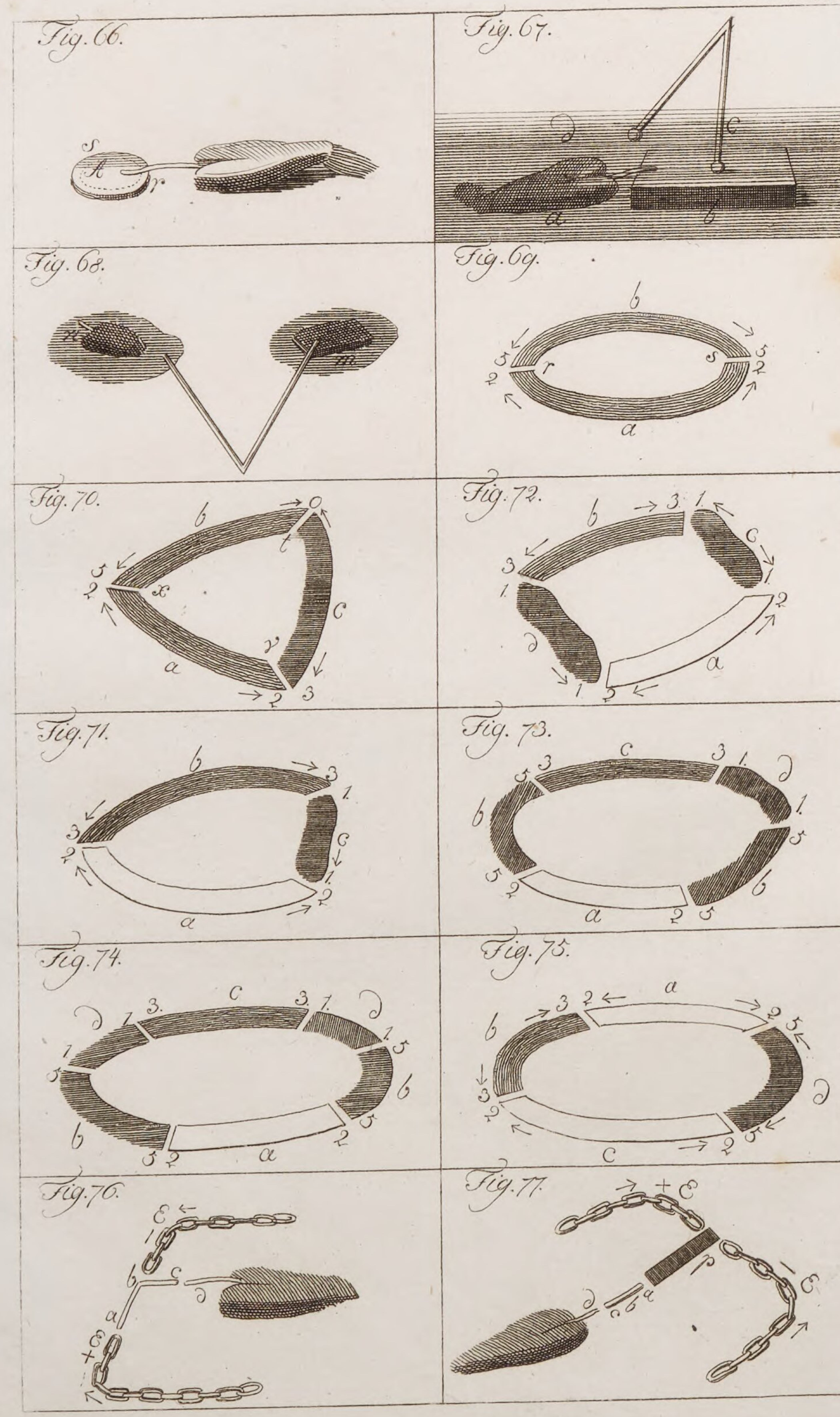
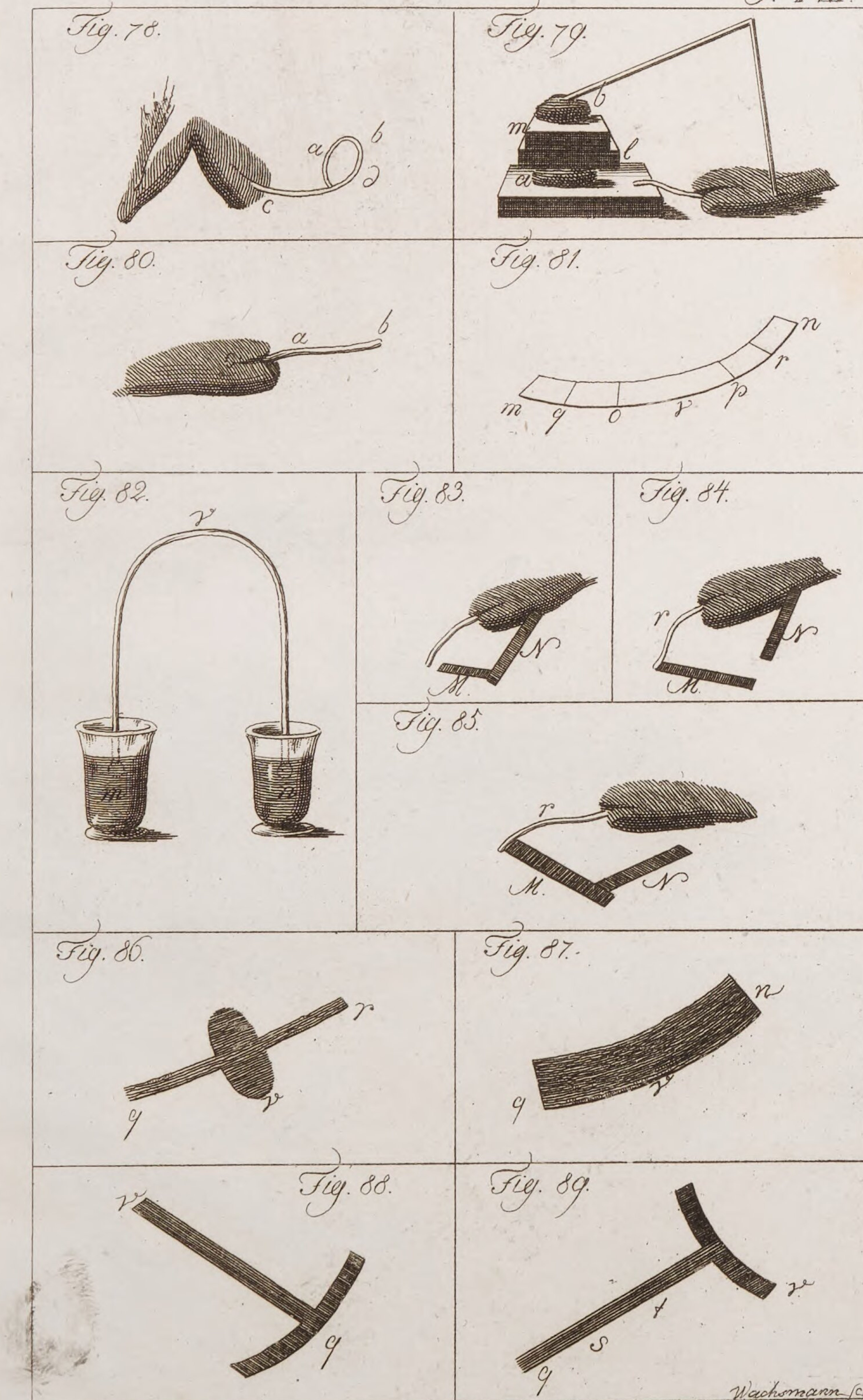
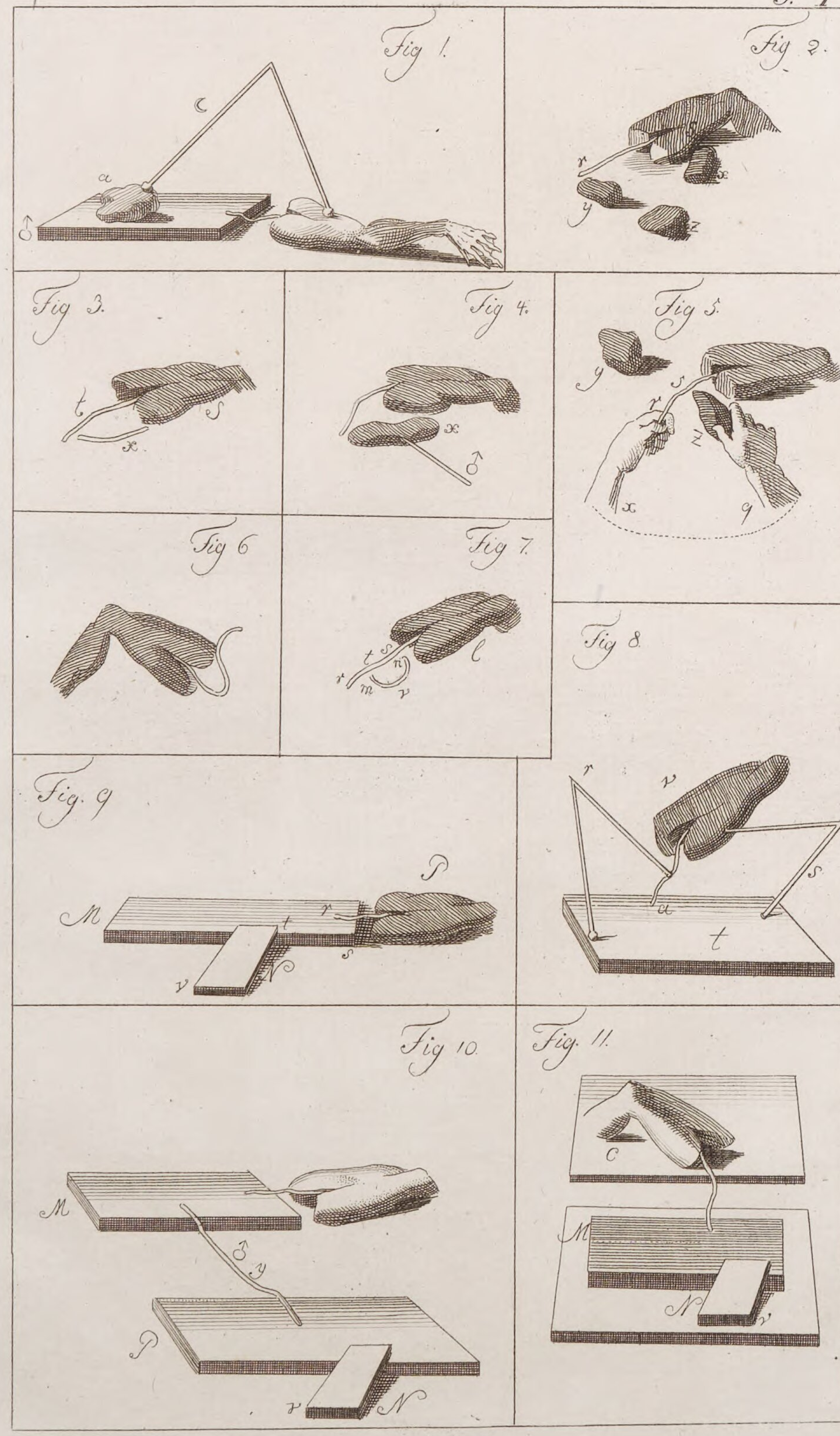


Fig. 66.
Fig. 67.
Fig. 68.
Fig. 69.
Fig. 70.
Fig. 72.
Fig. 71.
Fig. 73.
Fig. 74.
Fig. 75.
Fig. 76.
Fig. 77.

T. VIII.


Fig. 78.
Fig. 79.
Fig. 80.
Fig. 81.
Fig. 82.
Fig. 83.
Fig. 84.
Fig. 85.
Fig. 86.
Fig. 87.
Fig. 88.
Fig. 89.
Wachsmann sc.

T. I



T. II

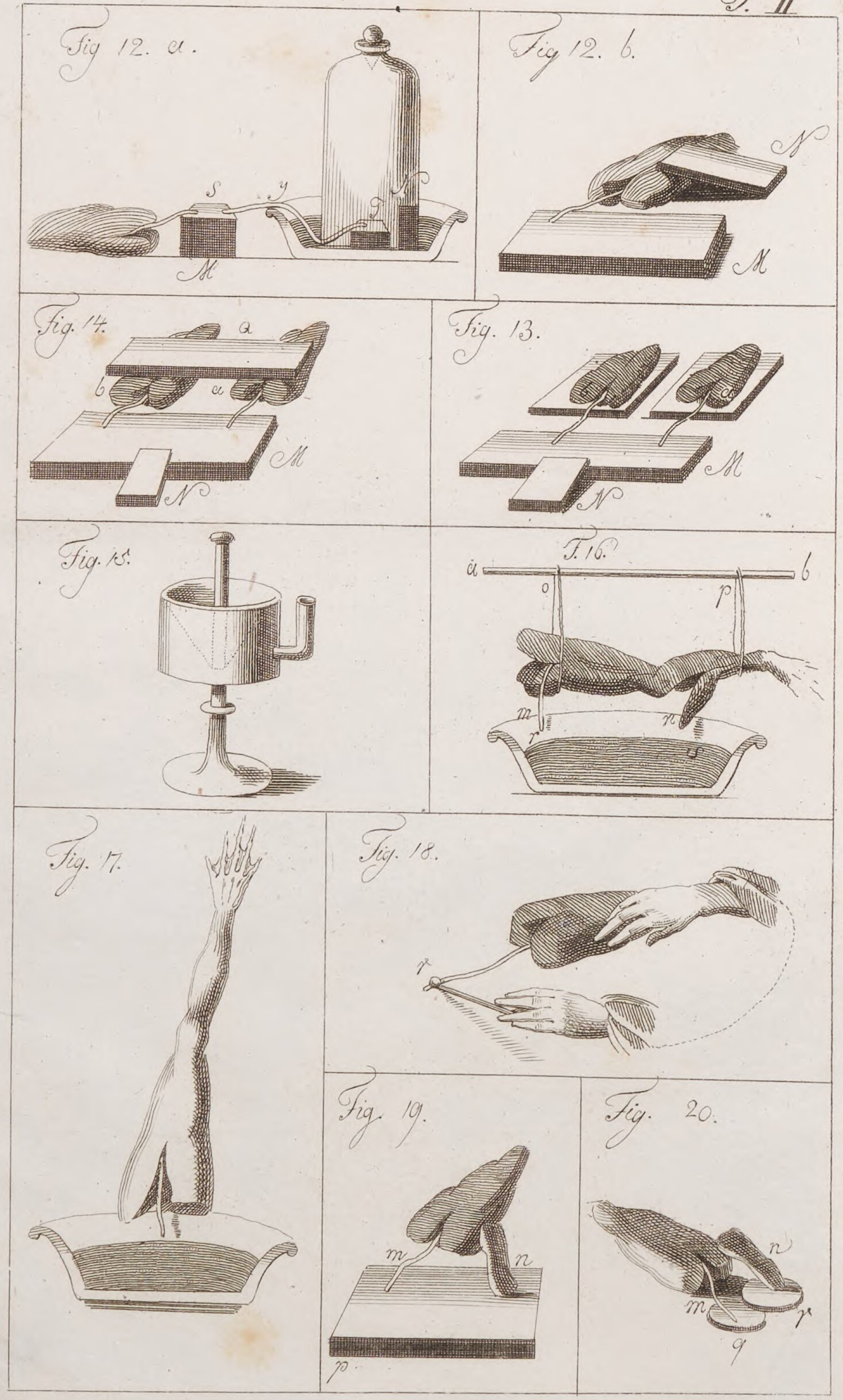

Fig 12. a.
S
y
M
Fig 12. b.
N
M
Fig. 14.
a
b
a
M
N
Fig. 13.
M
N
Fig. 15.
T. 16.
a
b
o
p
m
r
n
Fig. 17.
Fig. 18.
r
Fig. 19.
m
n
p
Fig. 20.
n
m
r
q

Fig. 21.

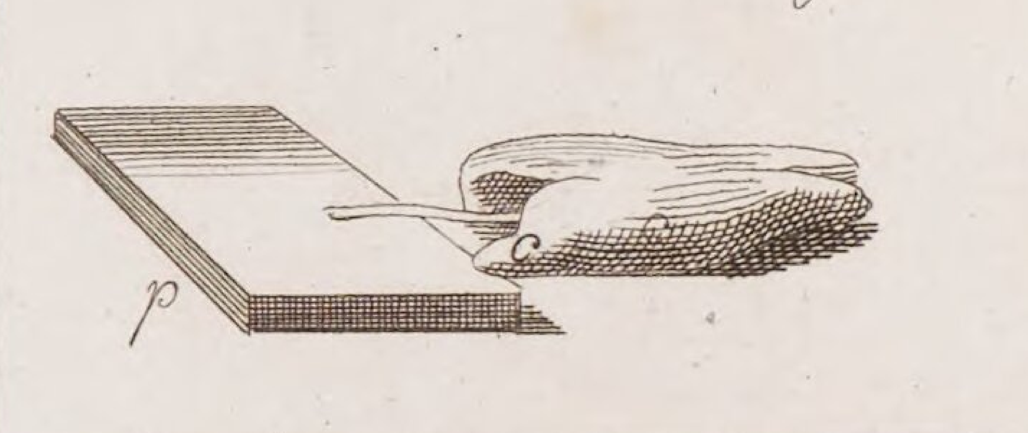


Fig. 22.

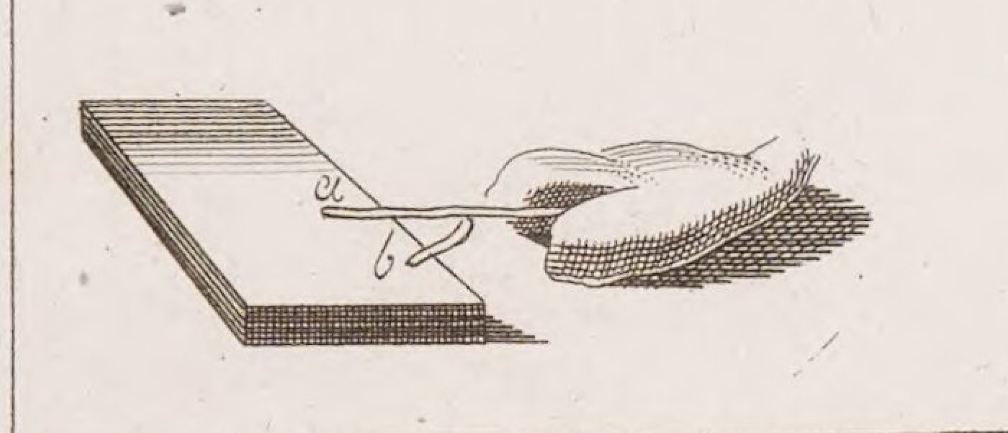


Fig. 23.

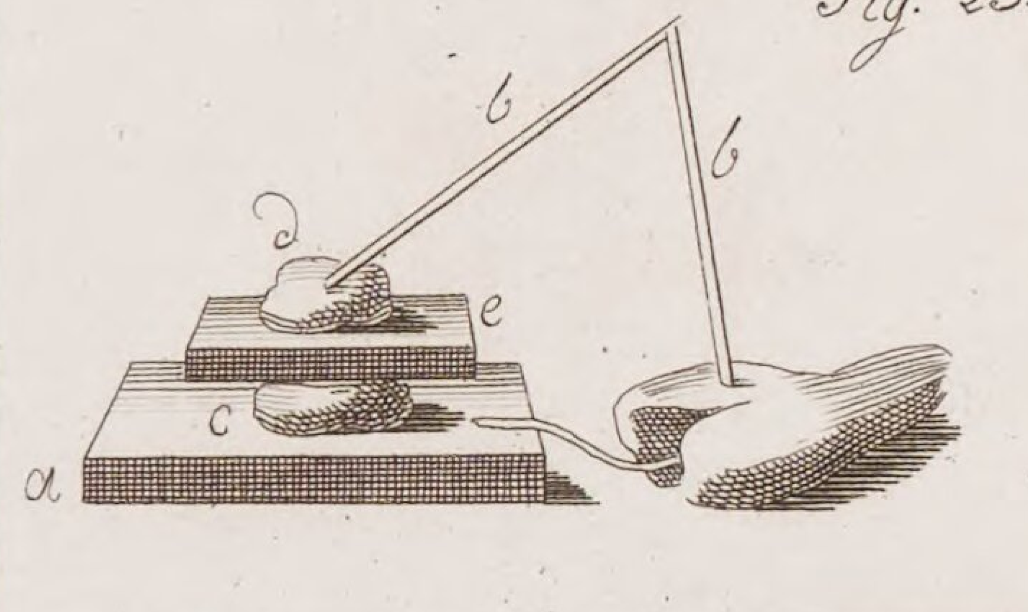


Fig. 24.

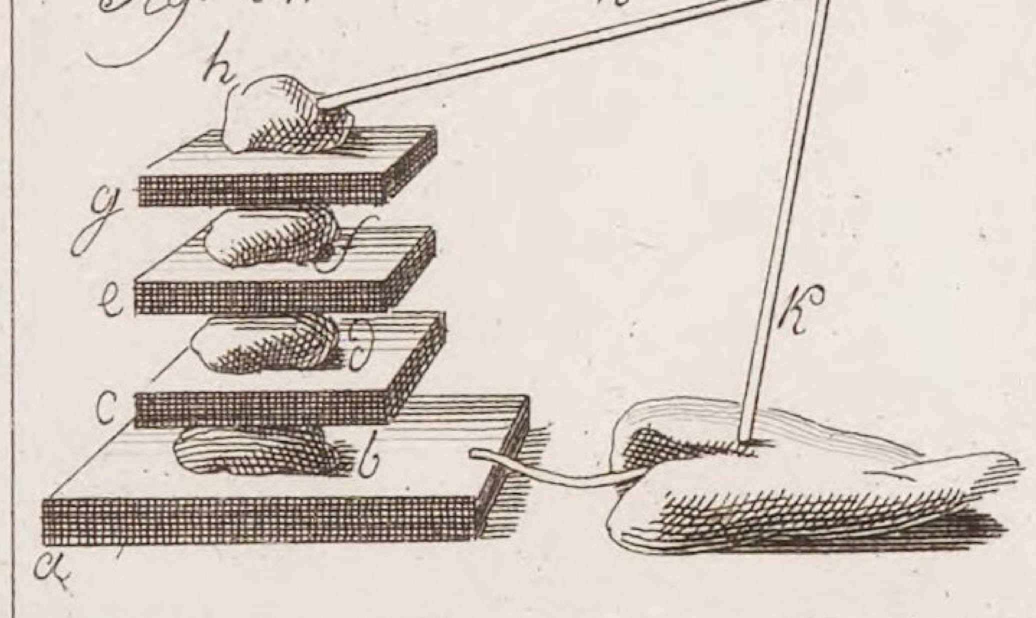


Fig. 25.

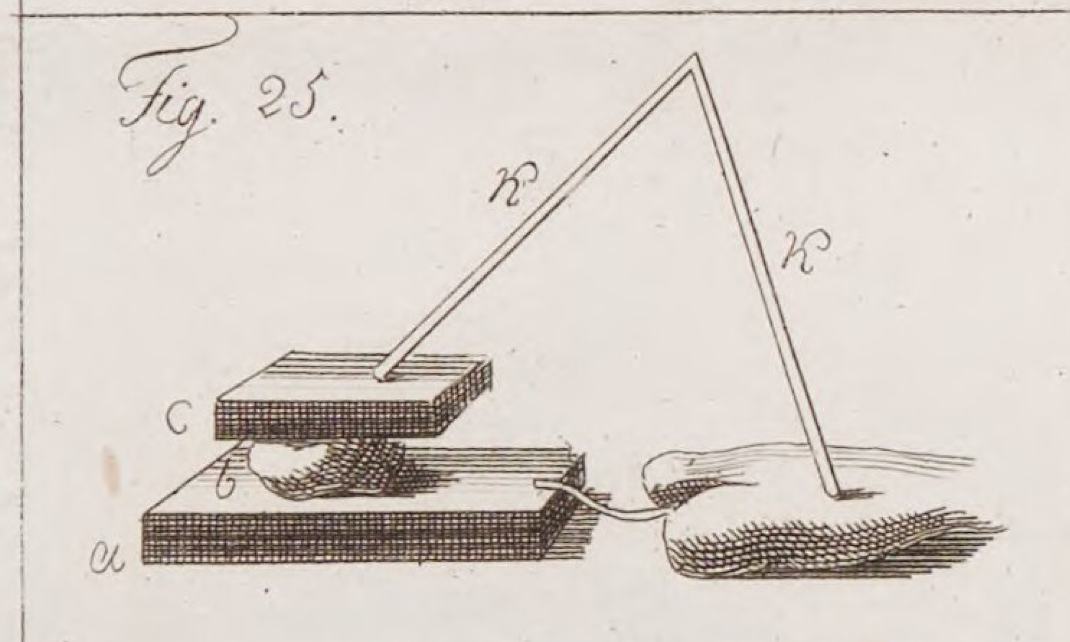


Fig. 26.

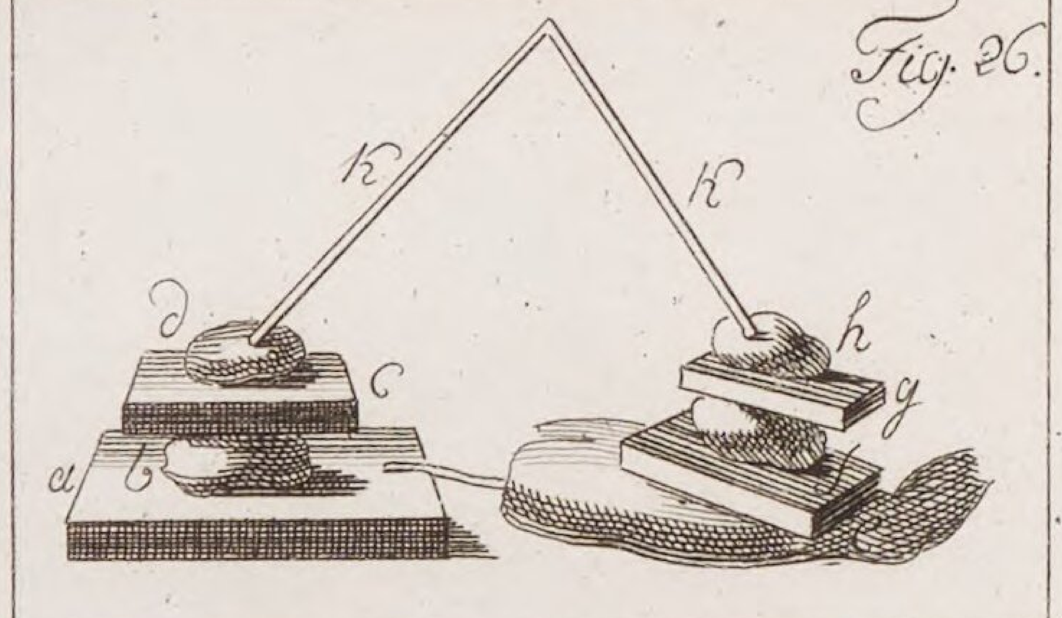


Fig. 27.

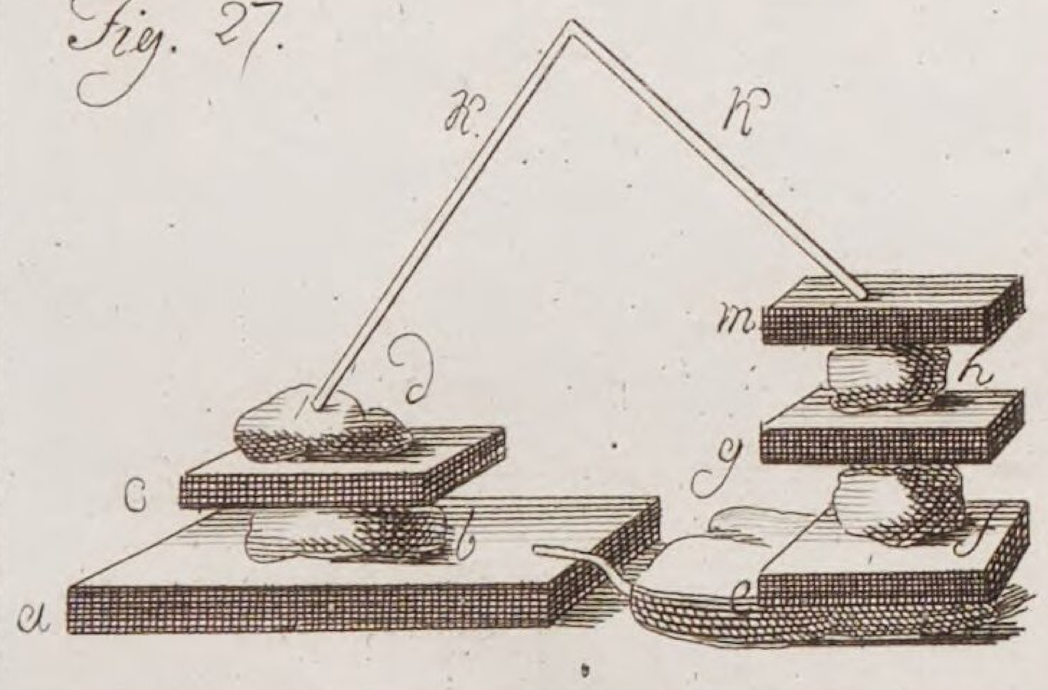


Fig. 28.

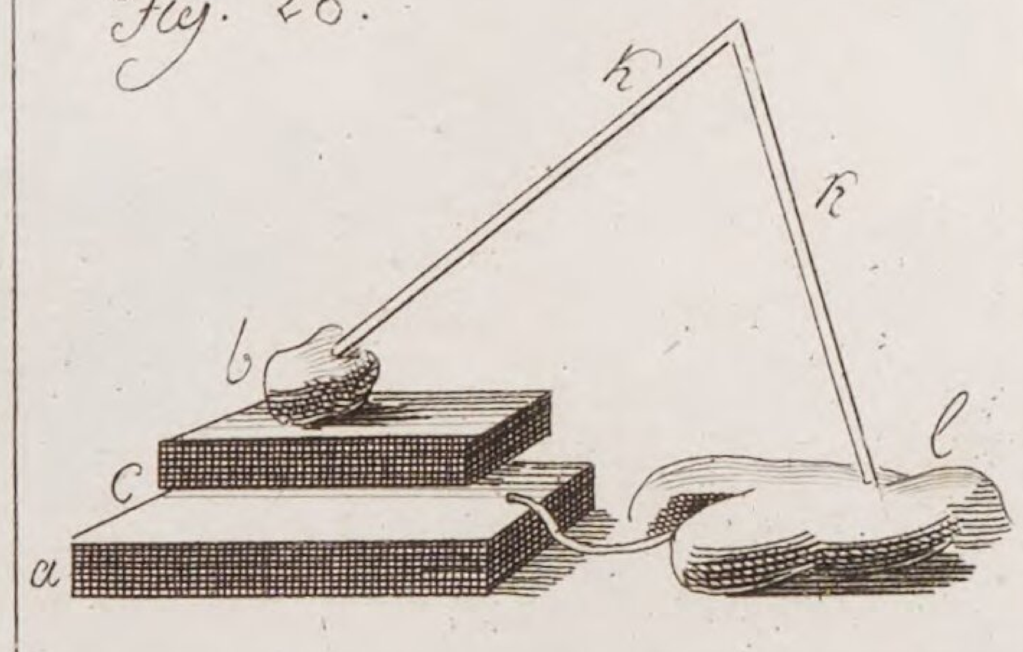


Fig. 29.

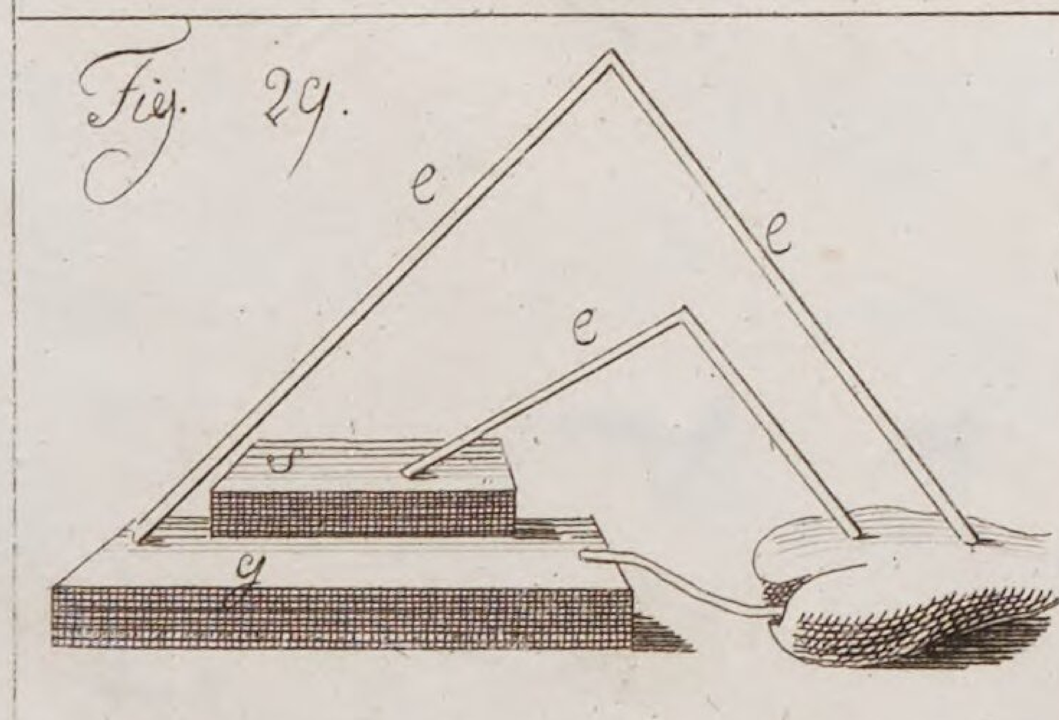
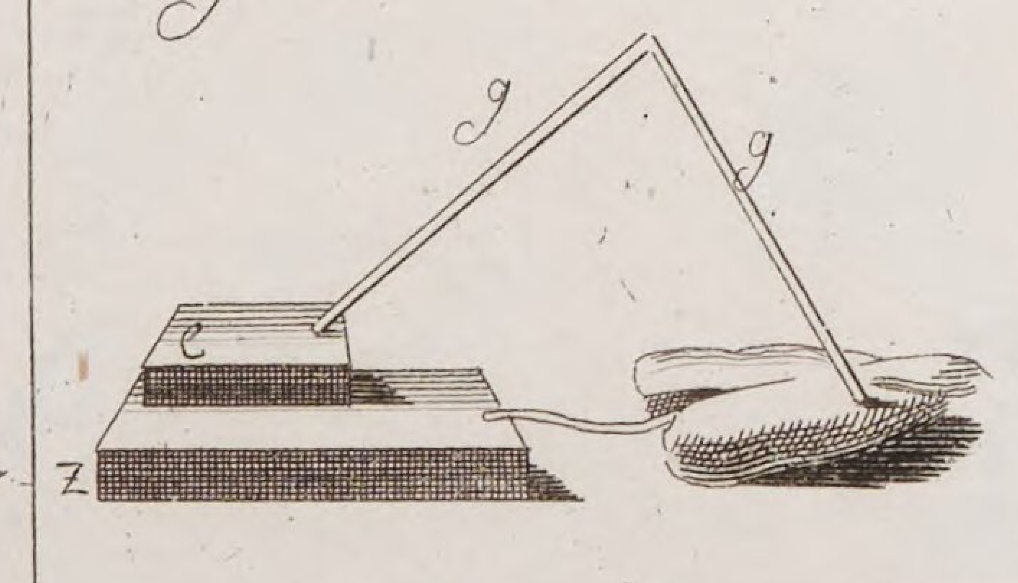
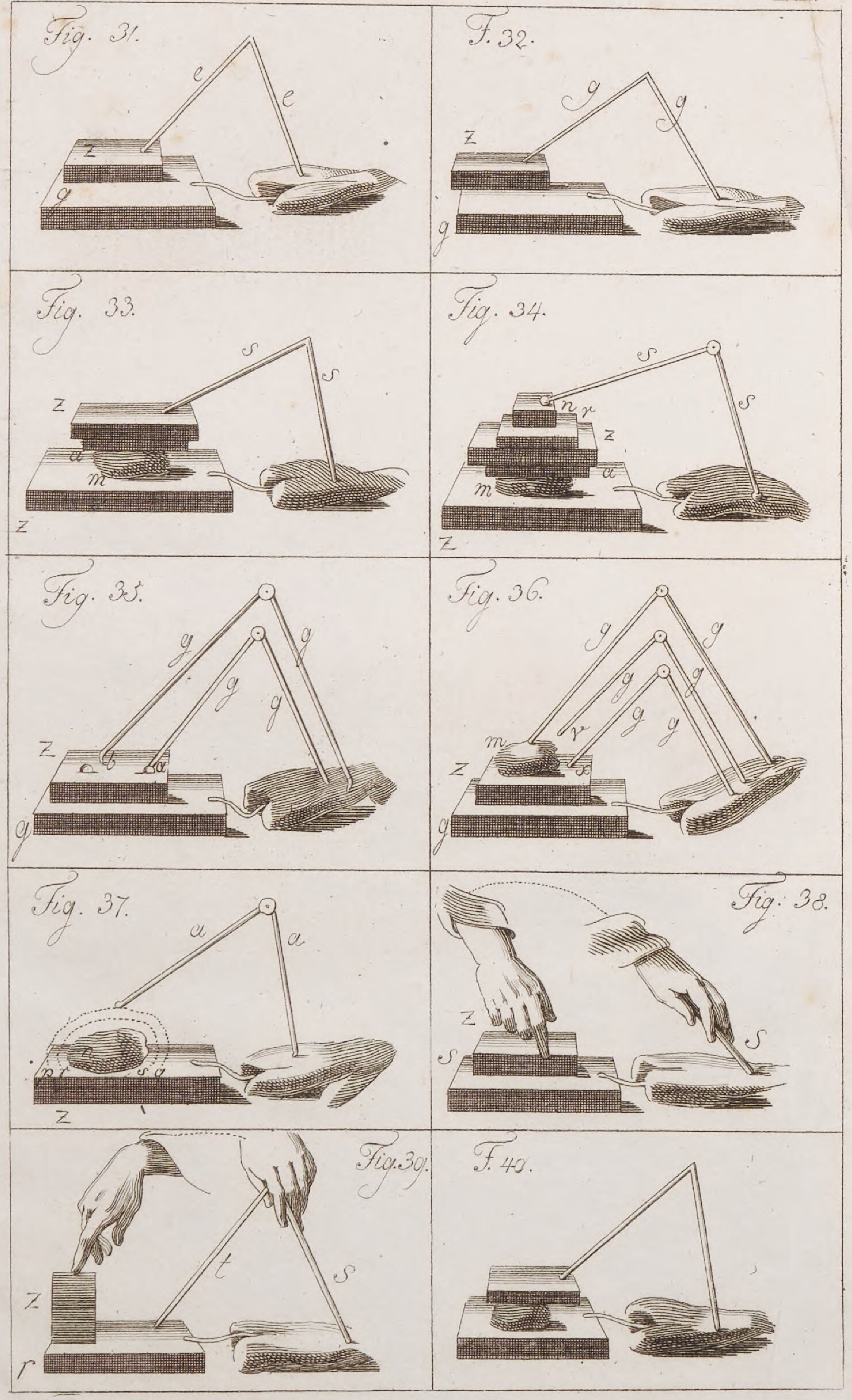


Fig. 30.



T. IV.



SBB013401933752

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Humboldt, Alexander <<von>>,

Versuche Über Die Gereizte Muskel- Und Nervenfaser Nebst Vermuthungen Über Den Chemischen Process Des Lebens In Der Thier- Und Pflanzenwelt

Bd.: Erster Band

MDCCLXXXXVII

Bamberg, Staatsbibliothek -- Physiol.o.128-a(1
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11764135-4
VD18 90965973